

EFFECT OF RAINWATER TO CHARACTERISTIC AND CORROSION RATE ON AISI 1045 AND STAINLESS STEEL 304 IN RIVER ENVIRONMENT

Student's name : Hacı Widharesta
NRP : 2708 100 058
Major Department : Material and Metallurgy Engineering
Advisor : Budi Agung Kurniawan, ST, M.Sc.

Abstract

Steel is used on open environment and not spared of water contact around, such as rain and river water. They contain of corrosive chemical substance so can corrode metal. Corrosive content on them is a result of industrial, household waste pollutant and either industrial flue gas or motor vehicles.

In this study AISI 1045 steel and stainless steel 304 were examined by weight loss method and potentiostat electrochemical method. Weight loss has done on rain water medium for 90 days. Potentiostat electrochemical method done at laboratory with rain and river water medium.

Based on corrosion examination with weight loss method, corrosion rate for AISI 1045 was 9.821 mpy and for stainless steel 304 was 0.34 mpy. While the highest corrosion rate of potentiostat electrochemical examination result for AISI 1045 is 75% rain to river water, 2.948 mpy. And for stainless steel 304, the highest corrosion rate happened on 25% rain to river water, 1.734 mpy. Hence based on potentiostat electrochemical with various concentration, river water is more corrosive than rain water.

After SEM and XRD examination on immersion test AISI 1045 for 90 days, it was found that corrosion product Fe_3O_4 with porous. While on 304 stainless steel wasn't found corrosion product because corrosion rate for stainless steel was very low.

Key words : rain water, corrosion, *weight loss*, potentiostat

PENGARUH AIR HUJAN TERHADAP KARAKTERISTIK DAN LAJU KOROSI PADA BAJA AISI 1045 DAN STAINLESS STEEL (SS) 304 DI LINGKUNGAN SUNGAI

Nama : Hacı Widharesta
NRP : 2708 100 058
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Budi Agung Kurniawan, ST, M.Sc.

Abstrak

Baja dalam penggunaannya berada pada lingkungan terbuka dan tidak terhindar dari kontak dengan air di sekitarnya, misalnya air hujan dan air sungai. Air hujan dan air sungai mengandung unsur-unsur kimia yang bersifat korosif sehingga dapat mengkorosikan logam. Kandungan korosif yang terdapat pada kedua air tersebut merupakan akibat dari polutan yang berasal dari limbah industri, limbah rumah tangga, juga gas hasil bungan industri maupun kendaraan bermotor yang terbawa udara.

Dalam penelitian ini baja AISI 1045 dan Stainless Steel 304 diuji dengan metode weight loss dan metode elektrokimia potensiostat. Pengujiann korosi dengan metode weight loss dilaksanakan di lapangan dengan medium air hujan selama 90 hari. Sedangkan metode elektrokimia potensiostat dilaksanakan di laboratorium dengan medium campuran air hujan dan air sungai.

Berdasarkan pengujian korosi dengan metode weight loss, diperoleh hasil laju korosi untuk spesimen AISI 1045 sebesar 9,821 mpy dan untuk spesimen stainless steel 304 sebesar 0,034 mpy. Sedangkan hasil pengujian elektrokimia potensiostat, pada spesimen AISI 1045

diperoleh laju korosi terbesar pada konsentrasi 75% air hujan terhadap air sungai, yaitu sebesar 2,948 mpy. Dan pada spesimen stainless steel 304, laju korosi terbesar pada konsentrasi 25% air hujan terhadap air sungai, yaitu sebesar 1,734 mpy. Berdasarkan pengujian elektrokimia potensiostat dengan berbagai konsentrasi, air sungai bersifat lebih korosif dibanding dengan air hujan. Setelah dilakukan pengujian SEM dan XRD pada spesimen yang mengalami uji imersi selama 90 hari, pada spesimen AISI 1045 terdapat produk korosi berupa Fe_3O_4 dengan morfologi berpori. Sedangkan pada stainless steel 304 tidak tampak adanya produk korosi karena nilai laju korosi yang dialami stainless steel sangat kecil.

Kata kunci : Air hujan, Korosi, Weight loss, Potensiostat

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Korosi

Korosi dapat diartikan sebagai penurunan mutu atau kerusakan suatu logam karena bereaksi dengan lingkungannya. Reaksi ini menghasilkan oksida logam, sulfida logam atau hasil reaksi lainnya. Dengan bereaksi ini sebagian logam akan “hilang” dan menjadi suatu senyawa yang lebih stabil. (Fontana.1967)

Korosi merupakan proses kembalinya material ke alam, atau kembalinya material ke tingkat energi yang paling rendah. Pengaruh reaksi dengan lingkungan akan mengakibatkan perubahan karakteristik material tersebut, terutama kekuatannya.

2.2. Mekanisme korosi

Korosi terjadi akibat adanya reaksi elektrokimia. Korosi elektrokimia dapat terjadi jika terpenuhi empat komponen penting (Trethewey,1991) yaitu adanya reaksi anoda, adanya reaksi dan katoda, hantaran ion melalui elektrolit, dan hantaran elektrolit melalui konduktor. Selanjutnya empat komponen tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Anoda

Pada umumnya anoda akan terkorosi dengan melepaskan elektron dari atom-atom logam netral untuk membentuk ion-ion yang bersangkutan. Ion-ion ini mungkin akan tetap tinggal dalam larutan atau bereaksi membentuk hasil korosi (oksida logam) yang tidak larut. Anoda merupakan elektroda yang memiliki potensial lebih rendah pada sebuah sel galvanik. Anoda mengalirkan elektronnya melalui konduktor menuju katoda, lalu elektron bereaksi dengan ion positif pada permukaan katoda. Anoda akan kelebihan muatan

positif yang akan bereaksi dengan ion negatif larutan elektrolit dan membentuk produk korosi.

2. Katoda

Pada umumnya katoda tidak mengalami korosi, walaupun mungkin tetap akan mengalami kerusakan dalam kondisi-kondisi tertentu.

3. Elektrolit

Elektrolit merupakan istilah yang diberikan kepada larutan, yang dalam hal ini harus bersifat menghantarkan listrik atau konduktor listrik. Konduktifitas listrik air yang diperbolehkan sekitar $1-10 \text{ mS m}^{-1}$. Namun, di dalam kehidupan sehari-hari lingkungan berair akan dianggap mempunyai konduktifitas yang cukup baik untuk berfungsi sebagai elektrolit.

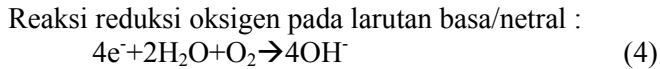
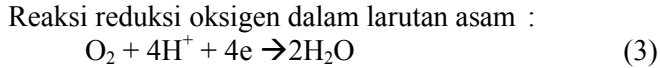
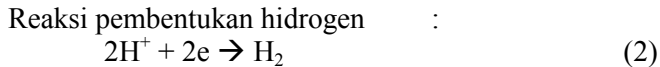
4. Hubungan listrik

Diantara hubungan anoda dan katoda harus terdapat kontak listrik agar arus dalam sel korosi dapat mengalir. Dalam proses korosi, ke empat komponen di atas harus ada, dengan kata lain penghilangan salah satu dari keempat komponen sel korosi basah sederhana akan menghentikan reaksi korosi.

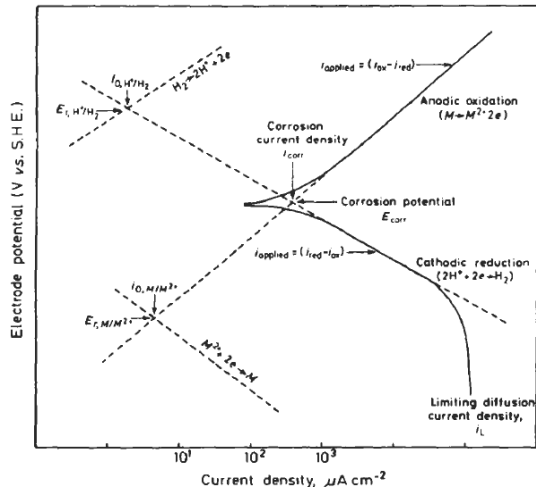
Korosi melibatkan dua reaksi, yaitu reaksi oksidasi dan reaksi reduksi. Reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron dan berakibat terbentuknya ion-ion positif. Logam yang mengalami reaksi ini disebut anoda. Reaksi oksidasi pada logam M adalah:



Sedangkan reaksi reduksi adalah reaksi penangkapan elektron. Logam yang mengalami reaksi ini disebut sebagai katoda. Reaksi reduksi yang sering terjadi adalah:



Pada saat terjadi korosi maka kedua reaksi oksidasi dan reaksi reduksi tersebut akan terjadi secara bersamaan. Elektron-elektron yang terbentuk pada reaksi oksidasi akan mengalir menuju katoda. Pada katoda akan terjadi reaksi katodik, yaitu reaksi penangkapan elektron-elektron yang dilepaskan oleh anoda.



Gambar 2.1 Potensial vs Log I untuk sistem elektroda campuran

Sebagian besar proses korosi melibatkan proses elektrokimia. Oleh sebab itu, kelajuan reaksi korosi (laju korosi) bisa ditentukan dengan menggunakan metode elektrokimia. Sebuah sistem elektrokimia tersusun atas katoda dan anoda yang mempunyai hubungan potensial dan arus, dinyatakan pada gambar 2.1. Keseimbangan potensial pada persamaan reaksi anodik katodik di atas dinyatakan dengan $E_{eq,M}$ dan E_{eq,H_2} . Potensial korosi adalah tegangan dimana laju oksidasi logam M sama dengan laju reduksi dari larutan (arus i_{Ox} sama dengan i_{red}). Secara sederhana, dengan menggunakan persamaan Faraday, laju korosi sebuah logam dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{n.F.W}{M} \quad (6)$$

dimana :

Q : muatan listrik (C)

n : jumlah elektron yang bereaksi

W : berat spesimen (gram)

M : berat molekul (gram)

persamaan tersebut diolah sehingga diperoleh

$$W = Q.M / n.F \quad (7)$$

atau

$$W = \frac{Q.EW}{F} \quad (8)$$

$$W = \frac{i.t.EW}{F} \quad (9)$$

laju korosi (CR) dapat dinyatakan sebagai jumlah massa yang hilang persatuan waktu, sehingga :

$$CR \equiv W / t = i.EW / dFA \quad (10)$$

$$CR = \frac{i.EW \times 31.6 \times 10^6 \times 6 \times 10^3}{dFA \times 2.5 \times 10^6} \quad (11)$$

$$CR = \frac{0.13 i_{corr} EW}{d} \quad (12)$$

dimana CR dinyatakan dalam satuan mpy (mil/tahun). Satuan mpy dikonversikan menjadi mmpy (milimeter/tahun) sehingga diperoleh :

$$CR = \frac{3.27 \times 10^{-3} i_{corr} EW}{d} \quad (13)$$

dimana :

CR : laju korosi (mm/tahun)
 i_{corr} : corrosion current density ($\mu A/cm^2$)
 EW : berat ekivalen (gram)
 d : density logam (g/cm^3)

2.3. Pengaruh lingkungan terhadap korosi

Beberapa kemungkinan perubahan lingkungan dan pengaruhnya terhadap laju korosi sebagai dasar untuk menentukan pemecahan kasus serupa. Perubahan kondisi lingkungan yang mungkin adalah perubahan pada kelembaban relatif, tekanan, temperatur, pH, konsentrasi gas terlarut, bahan pengotor, komposisi media, bakteri media, kecepatan elektrolit, konsentrasi media dan beda potensial media.

1. Pengaruh oksigen dan oksidiser

Penambahan oksidiser atau keberadaan oksigen berpengaruh terhadap laju korosi dalam medium dan logam yang terlibat. Laju korosi meningkat seiring dengan penambahan oksidiser.

2. Pengaruh temperatur

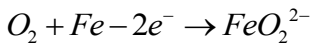
Secara umum kenaikan temperatur menyebabkan kenaikan laju korosi, biasanya tiap kenaikan 10^0 C laju reaksi meningkat hampir dua kali lipat. Oleh karena itu temperatur

harus dikendalikan serendah mungkin relatif terhadap kondisi yang ada dengan sistem pengkondisian. (Sulistijono.1999)

Perlu dicatat bahwa penurunan temperatur dibawah titik embun (*dew point*) menyebabkan udara menjadi jenuh uap air sehingga memungkinkan terjadinya titik embun pada permukaan logam dan terjadi korosi lokal. Sebaliknya tidak jarang pula pemanasan ruangan digunakan untuk mengurangi kelembaban, selama temperatur tidak menjadi sebab utama korosi untuk kondisi yang ada, karena temperatur bisa berakibat kenaikan laju korosi. (Sulistijono.1999)

3. Pengaruh pH

Salah satu faktor yang mempengaruhi laju korosi adalah pH. Pengaruh pH terhadap korosi baja bergantung pada komposisi logam, tegangan, konsentrasi O_2 , dan tipe asam yang mengontrol pH. Dalam larutan basa kuat, reaksi korosi dalam kondisi *anodic-controlled* dan berlangsung dengan laju tinggi



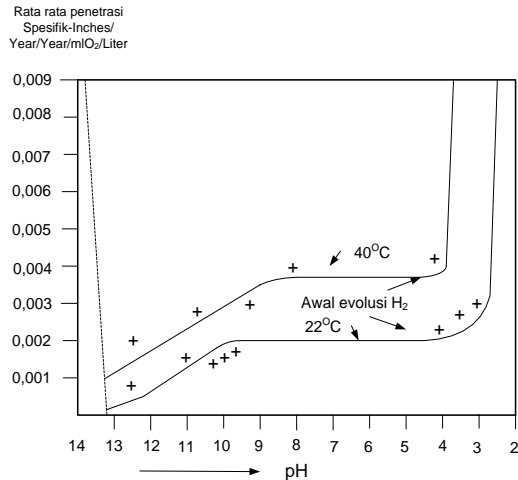
(14)

Dalam larutan basa lemah atau netral, laju korosi dalam kondisi *cathodic-controlled* dan dapat memproteksi korosi. Besi hidroksida memberikan lapisan protektif pada permukaan logam. Laju korosi aktual bergantung pada difusi oksigen ke permukaan logam. Korosi meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi oksigen, partikel abrasif dan aliran turbulenta, aliran kecepatan tinggi. (Birawidha.2007)

Dalam lingkungan pH asam, korosi dalam kondisi *anodic-controlled* dan komposisi logam mempengaruhi laju korosi secara ekstensif. Kadar paduan dalam baja dan tegangan mempengaruhi kerusakan akibat korosi. (Birawidha.2007)

Tipe asam dalam larutan menentukan pH dimana laju korosi meningkat pesat seiring dengan reaksi evolusi hydrogen. Dalam Gambar 2.2 terlihat evolusi hydrogen mulai pada pH

4, korosi makin cepat dengan penurunan pH. Evolusi hydrogen pada pH 4 terjadi dalam elektrolit dengan kadar asam tinggi.

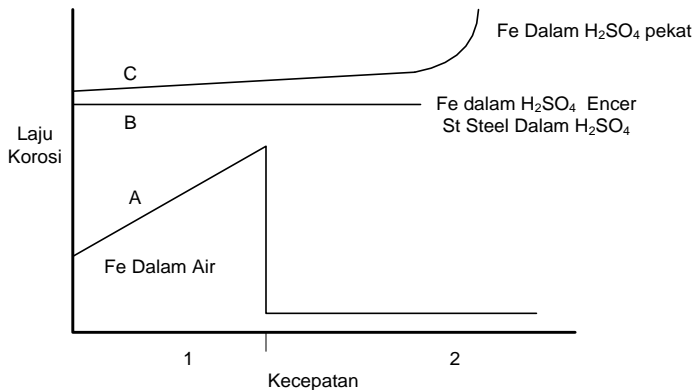


Gambar 2.2 Hubungan pH dengan korosi baja karbon rendah.

Asam karbonat dalam larutan bereaksi dengan besi pada pH 6 dan evolusi gas hydrogen menghasilkan korosi yang dahsyat. Hal ini mengilustrasikan esensi pengendalian pH jika terdapat gas CO₂ dalam elektrolit.

4. Pengaruh kecepatan

Laju korosi dipengaruhi oleh laju media korosif. Secara umum laju korosi meningkat seiring dengan kenaikan kecepatan media korosif kecuali untuk beberapa kondisi media korosif yang dikontrol oleh polarisasi aktivasi (media korosi yang spesies aktifnya tinggi). (Sulistijono.1999)



Gambar 2.3 Hubungan kecepatan media korosi terhadap laju korosi

Pada gambar 2.3 terlihat beberapa pengaruh kecepatan pada media korosif dimana laju korosi cenderung naik untuk kenaikan kecepatan namun pada media air Fe yang mula – mula naik, akan turun secara drastis lalu stabil.

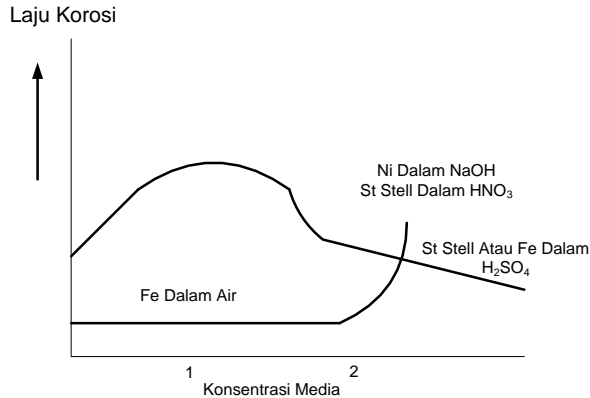
5. Pengaruh bahan pengotor dan komposisi media

Bahan pengotor di media korosif bisa berupa karbondioksida (CO_2), sulfurdioksida (SO_2), sulfurtrioksida (SO_3), senyawa nitrat, asam belerang, ion – ion sulfur, ion – ion klorida, dll. Bahan pengotor bersifat mempercepat laju korosi karena menurunkan pH (menaikkan derajat keasaman) media korosif. (Sulistijono.1999)

6. Pengaruh konsentrasi korosif

Konsentrasi media korosif berpengaruh terhadap laju korosi bergantung dari jenis media tersebut dan jenis logam yang berada di media tersebut. Seperti tampak pada gambar 2.4, kurva A bagian 2 beberapa jenis logam terkorosi dengan hebat pada konsentrasi tinggi media, sebaliknya pada kurva

B bagian 2 laju korsi rendah pada konsentrasi media yang tinggi. (Sulistijono.1999)



Gambar 2.4 Hubungan konsentrasi media korosi terhadap laju korosi

2.4. Bentuk - bentuk Korosi

1. *Uniform Corrosion* (Korosi Merata)

Uniform corrosion adalah serangan korosi yang seragam di atas daerah yang luas dari permukaan logam, dimana korosi paling umum ditemukan. Bentuk korosi ini paling mudah untuk diukur, dan dapat bersifat basah maupun kering, terjadi akibat reaksi kimiawi atau elektrokimia. Untuk mengontrolnya biasanya dengan pemilihan material dan metode proteksi permukaan, misalnya dengan pengecatan.

2. *Galvanic Corrosion* (Korosi Galvanis)

Korosi galvanic ini memiliki ciri khas yang sangat khusus. Dimana korosi ini terjadi apabila dua buah logam yang berbeda jenis dalam keadaan terkontak (dihubungkan dengan suatu penghantar) dan keadaan tersebut terjadi pada lingkungan yang konduktif (lingkungan asam, air).

Perbedaan potensial yang terjadi akibat dua logam yang berbeda menghasilkan gaya untuk mengalirkan listrik sehingga korosi pun terjadi. Semakin besar perbedaan potensial keduanya maka makin besar kemungkinan terjadinya korosi.

3. *Errosion Corrosion* (Korosi Erosi)

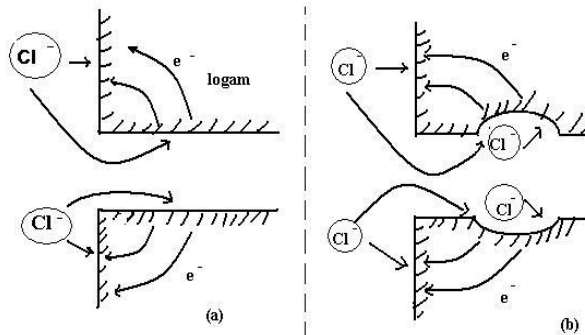
Korosi jenis ini terjadi akibat kecepatan tinggi, turbulensi, *impingment*, dan sebagainya. Gerakan fluida di atas permukaan logam semakin cepat maka semakin hilangnya kekuatan pada permukaan logam yang mengakibatkan timbulnya keausan, dan akhirnya terjadi korosi. Korosi ini umumnya berwujud pada lekukan dangkal dengan dasar yang halus. Contoh tempat yang sering terjadi korosi jenis ini adalah belokan dan siku dari pipa. Kavitasi dan *fretting corrosion* adalah salah satu bentuk dari korosi ini. Kavitasi disebabkan oleh pecahnya gelembung-gelembung uap air pada permukaan gelombang, yang dapat merusak logam. Sedangkan *fretting corrosion* adalah korosi erosi yang disebabkan pergeseran yang merupakan akibat dari vibrasi.

4. *Crevice Corrosion* (Korosi Celah)

Korosi celah ini pada lingkungan di sekitar kita sering sekali menyerang pada daerah yang sempit atau celah-celah diantara dua bidang. Pada celah biasanya merupakan tempat terkonsentrasinya media lingkungan. Jika media tersebut adalah media korosif dan penumpukan konsentrasi berlangsung dalam jangka waktu yang lama maka akan mengakibatkan korosi. Korosi celah dapat kita ketahui dari beberapa tanda yang akan menyebabkan korosi ini terjadi, antara lain:

- Perubahan keasaman tanah.
- Kekurangan oksigen pada celah tersebut.
- Terbentuknya ion-ion yang merugikan (concentration cell) pada celah, misalnya Cl.

- Menurunnya kadar inhibitor dalam celah.



Gambar 2.5 Mekanisme Fontana-Greene pada Korosi Celah.

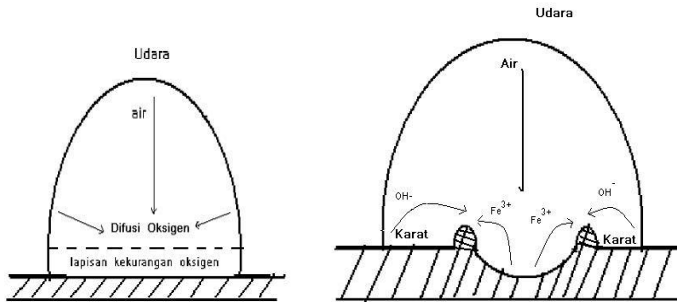
Pada gambar 2.5 menggambarkan mekanisme terjadinya korosi celah. Yaitu :

- Kondisi awal : Korosi terjadi pada seluruh permukaan logam.
- Kondisi akhir : Pelarutan logam hanya terjadi di sebelah dalam celah karena keasaman meningkat, konsentrasi ion klorida, meningkat, dan reaksi selanjutnya mampu berjalan secara mandiri (Trethewey, 1991).

5. *Pitting Corrosion* (Korosi Sumuran)

Korosi sumuran terjadi akibat serangan dari lokasi setempat oleh suatu media tertentu seperti lingkungan yang mengandung klorida, ion-ion Fe^{3+} , Cu^{2+} dan Cl^- dan juga larutan yang mengandung bakteri pereduksi sulfat secara terus menerus. Korosi ini biasanya berbentuk sebuah titik pada permukaan logam tetapi menjalar membentuk sebuah celah ke dalam seperti sumur. Bentuk sumur ini tergantung pada laju dari pertumbuhan korosi. Mekanisme terjadinya terjadinya korosi sumuran ditunjukkan pada gambar 2.6.

Korosi sumur cenderung terjadi pada aliran tenang dan juga karena proses otokatalik. Selain itu biasanya menyerang pada logam yang tahan karat dan korosi ini berjalan sangat lambat sehingga sangat berbahaya sekali.



Gambar 2.6 Mekanisme Terjadinya Korosi Sumuran (Fontana, 1987).

6. *Selective Leaching*

Selective Leaching atau dikenal dengan pengambilan atau penarikan salah satu elemen logam dari suatu alloy. Sebagai contoh adalah pengambilan seng dalam tembaga seng (*copper zinc*) alloys. Pengambilan ini dapat kita sebut juga sebagai *dezincification*. Karena pengambilan ini, maka logam akan kehilangan salah satu komponen terpentingnya yang dapat mengakibatkan hilangnya salah satu atom penting dari logam. Akibat dari peristiwa tersebut logam menjadi porous dan sifat mekaniknya menjadi buruk dan mudah terserang korosi.

7. *Intergranular Corrosion* (Korosi Batas Butir)

Pada korosi jenis ini merupakan salah satu akibat dari adanya pengotor (*corrodent*). Corrodent menyerang pada daerah batas butir yang merupakan tempat berkumpulnya tegangan-tegangan sisa dan pengotor. Pada batas butir terjadi reaksi antara *corrodent* dengan ion-ion logam yang

menyebabkan hilangnya salah satu komponen sehingga mengakibatkan sifat tahan korosi logam menurun. Pada keadaan normal, biasanya batas butir bersifat lebih anodik sehingga korosi yang terjadi bersifat merata. Namun, karena perlakuan yang berbeda terhadap paduan, maka tercipta daerah anodik dan katodik sehingga terjadi korosi batas butir (*intergranular corrosion*). Fenomena yang terjadi pada *grain boundary* yang menyebabkan terjadinya korosi yang paling utama adalah sensitive terhadap panas. Penetrasi menuju batas butir biasanya adalah hasil samping dari suatu *heat treatment*, contohnya teknik pengelasan.

8. Stress Corrosion Cracking (Korosi Tegangan)

Korosi logam ini merupakan akibat adanya aksi gabungan antara, tegangan dan tekan (*tensile strength*) yang didukung dengan adanya lingkungan yang korosif. Korosi ini sangat berbahaya karena sebagian besar alloys sangat mudah terpengaruh oleh *stress corrosion cracking* (SCC).

Mekanisme terjadinya korosi ini dimulai dari adanya tegangan dalam sisa atau tegangan dari luar. Awal retakan bisa berasal dari korosi sumuran yang akhirnya berkembang menjadi SCC. Karakteristik SCC adalah sebagai berikut:

- SCC memerlukan suatu tegangan dan tekanan, bila berada di bawah nilai batas tegangan (*threshold stress*) maka craking tidak terjadi.
- Secara makro, retak terlihat seperti rapuh (brittle) yang merusakkan sifat mekanik logam.
- Korosi tegangan tergantung pada kondisi metallurgi dari paduan tersebut.
- SCC dapat terjadi pada lingkungan yang cukup baik (tidak memungkinkan terjadi korosi) untuk baja atau paduan.

2.5. Laju korosi

Laju korosi dinyatakan dalam beragam cara pada literatur, seperti persen kehilangan berat, miligram per sentimeter persegi per hari, dan gram per inci persegi per jam. Hal tersebut tidak menunjukkan ketahanan korosi dalam istilah pada penetrasi. Dari sudut pandang teknik, laju penetrasi, atau penipisan sebuah lempengan struktural dapat digunakan untuk memprediksi umur komponen.

Pernyataan ini diperhitungkan dari kehilangan berat spesimen selama pengujian korosi oleh formula berikut :

$$mpy = \frac{K W}{DAT} \quad (15)$$

Dimana K : konstanta (mpy) $3,45 \times 10^6$
 W : kehilangan berat, mg
 D : rapat jenis spesimen, g/cm³
 A : luas spesimen, in²
 T : lama pengujian, *hour*

Pada uji elektrokimia di laboratorium menggunakan alat potensiostat dan diperoleh nilai i_{corr} . Dari nilai i_{corr} tersebut dimasukkan dalam persamaan berdasarkan ASTM G 102 berikut :

$$CR = K_1 \frac{i_{corr}}{\rho} EW \quad (16)$$

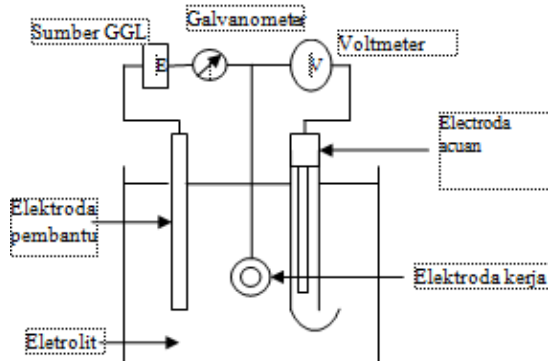
dimana,

CR = *Corrosion rate* (laju korosi), *mpy*
K₁ = $3,27 \times 10^{-3}$ mm g/μA cm
 i_{corr} = rapat arus saat E_{corr} Ampere
 ρ = *density*, g/cm³
EW = *equivalent weight* (gram)

2.6. Sel Tiga Elektroda

Sel tiga elektroda merupakan perangkat laboratorium baku untuk penelitian kuantitatif terhadap sifat korosi bahan (Tretheway, 1991). Secara umum sel tiga elektroda tersusun atas elektroda kerja, elektroda acuan, dan elektroda pembantu yang dihubungkan dengan sumber potensial, alat pengukur arus listrik, dan alat pengukur potensial listrik seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.

Instrumen yang khas untuk mengakomodasi tiga kebutuhan tersebut adalah potentiostat. Potensiostat akan memberikan potensial yang telah ditentukan terlebih dahulu kepada elektroda kerja sehingga pengukuran arus dapat dilakukan. Pengukuran arus hanya dapat terjadi jika arus yang melalui elektroda banu memiliki harga yang sedemikian sehingga beda potensial antara elektroda acuan dan elektroda kerja tidak berubah.

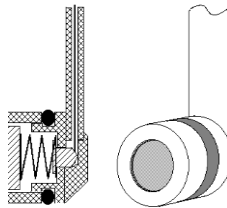


Gambar 2.7 Sel tiga elektroda

Kebanyakan instrumen saat ini sudah dilengkapi dengan fasilitas pengatur otomatis yang memungkinkan pengaturan suatu rentang potensial selama waktu tertentu dengan laju yang tidak berubah. Instrumen lain ada yang dapat menggabungkan ketiga fungsi diatas dan melaksanakan semua pengukuran baik secara otomatis maupun manual.

2.7. Elektroda Kerja

Sebutan elektroda kerja diberikan kepada spesimen yang sedang diteliti. Akan sangat membantu jika elektroda kerja ini mempunyai luas 100 mm^2 karena hasil pengukuran arus dapat segera dikonversikan menjadi kerapatan arus, yang akan digunakan dalam perhitungan. Istilah elektroda kerja digunakan sebagai ganti anoda, karena penelitian tidak terbatas hanya pada perilaku yang bersangkutan dengan anoda. Elektroda kerja dapat dipreparasi dengan berbagai cara. Salah satunya dengan memasang sebuah spesimen kecil dalam resin. Spesimen harus mempunyai hubungan listrik yang baik. Setelah itu permukaan spesimen digerinda dan digosok seperti preparasi metalografi.

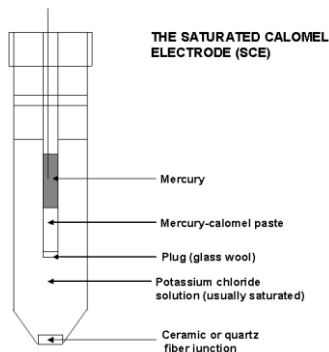


Gambar 2.8 Elektroda kerja

2.8. Elektroda Acuan

Elektroda acuan adalah sebuah elektroda pembanding yang memiliki harga potensial setengah sel yang diketahui, konstan, dan sama sekali tidak peka terhadap komposisi larutan yang sedang diselidiki.

Arus yang mengalir pada elektroda acuan harus sekecil mungkin sehingga dapat diabaikan. Jika arus yang mengalir besar, maka elektroda acuan akan ikut bereaksi dan potensialnya tidak lagi konstan. Oleh sebab itu dibutuhkan elektroda pembantu. Salah satu jenis elektroda acuan yang paling praktis yaitu elektroda kalomel jenuh (gambar 2.4)



Gambar 2.9 Elektroda acuan Hg_2Cl_2

Elektroda kalomel jenuh (*saturated calomel electrode, SCE*) biasanya banyak digunakan oleh para pakar kimia analitik karena banyak tersedia di pasaran dan konsentrasi klorida tidak mempengaruhi harga potensial elektroda. Harga potensial SCE adalah 0,244 V pada 25°C dibandingkan terhadap elektroda hidrogen standart (SHE). Elektroda kalomel terbuat dari tabung gelas atau plastik dengan panjang 5 - 15 cm dan garis tengah 0,5 - 1 cm. Pasta Hg/HgCl terdapat di dalam tabung yang lebih dalam, dihubungkan dengan larutan KCl jenuh melalui lubang kecil. Kontak elektroda ini dengan larutan dari setengah sel lainnya melalui penyekat yang terbuat dari porselen atau asbes berpori. Elektroda kalomel ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.

2.9. Elektroda Bantu

Elektroda bantu adalah suatu elektroda yang potensial elektrodanya bervariasi terhadap konsentrasi (aktifitas) analit yang diukur. Elektroda indikator harus memenuhi beberapa syarat antara lain harus memenuhi tingkat kesensitifan terhadap konsentrasi analit. Kepekaan terhadap keaktifan teroksidasi dan tereduksi harus sedekat mungkin dengan yang diramalkan dengan persamaan Nernst. Sehingga adanya

perbedaan kecil dari konsentrasi analit, akan memberikan perbedaan tegangan. Elektroda indikator yang digunakan adalah elektroda redoks (inert)

Logam mulia seperti platina, emas, dan paladium bertindak sebagai elektroda indikator pada reaksi redoks. Fungsi logam semata-mata untuk membangkitkan kecenderungan system tersebut dalam mengambil atau melepaskan electron; logam itu sendiri tidak ikut serta secara nyata dalam reaksi redoks, potensialnya merupakan fungsi Nernst dari rasio aktivasi $a_{Fe^{2+}}/a_{Fe^{3+}}$. Tentu saja, inert merupakan ukuran relatif, dan platina tidak kebal dari serangan-serangan oksidator kuat, terutama dalam larutan dimana kompleksasi bisa menstabilkan Pt(II) melalui pembentukan spesies.

Platina juga bisa menimbulkan masalah dengan reduktor-reduktor yang sangat kuat: reduksi H^+ (atau H_2O) kadang-kadang berlangsung sedemikian lambat sehingga analit-analit bias direduksi lebih dahulu dalam larutan air tanpa interferensi dari pelarutnya, tetapi karena $H^+ + e = \frac{1}{2} H_2$ dikatalis oleh platina, keuntungan kinetik ini mungkin hilang.

2.10. Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon medium/menengah dengan kadar karbon 0,3–0,6%. Berdasarkan ASTM A 108, komposisi baja AISI 1045 :

Tabel 2.1 Komposisi AISI 1045

Elemen	Komposisi (%)
Carbon	0,43 – 0,50
Mangan	0,60 – 0,90
Fosfor	Maksimum 0,040
Sulfur	Maksimum 0,050

2.11. Baja AISI *Stainless Steel* 304

Baja AISI *Stainless Steel* 304 merupakan *Stainless Steel* tipe austenitik. Berdasarkan ASTM A 666, komposisi baja *stainless steel* 304 :

Tabel 2.2 Komposisi *stainless steel* 304

Elemen	Komposisi (%)
Carbon	0,08
Mangan	2,00
Fosfor	0,045
Sulfur	0,030
Silikon	0,75
Chromium	18,00 – 20,00
Nikel	8,00 – 10,5
Elemen lain	N 0,10

2.12. Sungai

Sungai merupakan daerah yang dilalui badan air yang bergerak dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah dan melalui permukaan atau bawah tanah. Karena itu, dikenal istilah sungai dan sungai bawah tanah. Sungai bagian hulu dicirikan dengan badan sungai yang dangkal dan sempit, tebing curam dan tinggi, berair jernih dan mengalir cepat serta mempunyai populasi (jenis maupun jumlah) biota air sedikit. (Ghufran.2007)

Berdasarkan peraturan daerah kota Surabaya tahun 2004 tentang kriteria mutu air berdasarkan kelasnya. Kualitas air sungai dibagi menjadi empat kelas yaitu kelas 1, 2, 3, dan 4. Pembagian tersebut berdasarkan beberapa parameter seperti pada tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Pembagian kualitas air sungai

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		1	2	3	4	
FISIKA						
Temperatur	°C	Devisiasi 3	Devisiasi 3	Devisiasi 3	Devisiasi 5	Devisiasi temperatur dalam keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional residu tersuspensi ≤ 5000 mg/liter
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisinya alamiahnya
COD	mg/L					
DO	mg/L					Angka batas minimum

2.13. Pencemaran air sungai

Air dikatakan telah tercemar bila air tersebut telah menyimpang dari keadaan normalnya. Keadaan normal sendiri masih tergantung pada faktor tertentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air. Ukuran air dikatakan bersih dan tidak tercemar tidak ditentukan oleh kemurnian air. (Wardhana. 2004). Sifat-sifat air yang umum diuji dan

dapat digunakan untuk menentukan tingkat polusi air misalnya :

1. Nilai pH, keasaman dan alkalinitas

Nilai pH air yang normal adalah sekitar netral yaitu pH 6 – 8. Air buangan industri-industri bahan anorganik pada umumnya mengandung asam mineral dalam jumlah tinggi sehingga keasamannya juga tinggi atau pHnya rendah. Adanya komponen besi sulfur (FeS_2) dalam jumlah tinggi dalam air juga akan meningkatkan keasamannya karena dengan udara dan air akan membentuk H_2SO_4 dan besi Fe yang larut. Perubahan keasaman pada air buangan, baik ke arah alkali (pH naik) maupun ke arah asam pH menurun), akan sangat mengganggu kehidupan ikan dan hewan air di sekitarnya. Selain itu, air buangan yang mempunyai pH rendah bersifat sangat korosif terhadap baja dan sering menyebabkan pengkaratan pada pipa-pipa besi.

2. Suhu

Umumnya air digunakan dalam dunia industri sebagai media pendingin. Dan oleh sebab itu panas akan berpindah pada air tersebut. Air buangan tersebut mungkin mempunyai panas yang lebih tinggi daripada air asalnya. Kenaikan suhu dalam air dapat menyebabkan menurunnya jumlah oksigen terlarut dalam air, dan kecepatan reaksi dalam air meningkat

3. Warna, bau, dan rasa

Warna air yang tidak normal biasanya menunjukkan adanya polusi. Sedangkan bau air dapat disebabkan oleh bahan-bahan kimia, ganggang, plankton, atau tumbuhan dan hewan air, baik yang hidup maupun mati. Air yang normal sebenarnya tidak mempunyai rasa. Timbulnya rasa yang menyimpang biasanya disebabkan oleh adanya polusi, dan rasa yang menyimpang tersebut biasanya dihubungkan dengan baunya karena pengujian terhadap rasa air jarang dilakukan.

4. Jumlah padatan

Dalam air yang terpolusi terkandung jumlah padatan. Padatan dalam air terdiri dari beberapa macam yaitu sedimen (padatan terendap), padatan tersuspensi dan koloid, dan padatan terlarut. Sedimen (padatan terendap) biasanya terdiri dari pasir dan lumpur. Padatan tersuspensi dan koloid biasanya terkandung dalam air buangan dengan jumlah yang bervariasi. Jumlah padatan tersuspensi biasa dikur dengan turbidimeter. Padatan terlarut terdiri dari senyawa organik dan anorganik. Misalnya, air buangan rumah tangga yang mengandung logam berat.

5. Kandungan minyak

Keberadaan minyak dalam air dapat menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut menurun dengan adanya minyak karena lapisan film minyak menghambat pengambilan oksigen oleh air. Beberapa komponen yang menyusun minyak juga diketahui bersifat racun terhadap berbagai hewan maupun manusia, tergantung dari struktur dan berat molekulnya.

6. Kandungan logam berat

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik, antaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), Cromium (Cr), dan Nikel (Ni). (Fardiaz.1992)

2.14. Hujan

Setiap hasil kondensasi uap air atmosferik yang terbentuk dalam udara bebas atau pada permukaan tanah merupakan suatu hidrometeor. Hujan merupakan salah satu hidrometeor yang turun ke bumi. Hujan (rain) terdiri dari tetes-tetes air

yang mempunyai diameter lebih besar dari 0,5 mm (0,02 inci) (Linsey, Ray K. 1996).

Hujan merupakan salah satu bentuk presipitasi uap air yang berasal dari awan yang terdapat di atmosfer. Bentuk presipitasi lainnya adalah salju dan es. Untuk dapat terjadinya hujan diperlukan titik-titik kondensasi, amoniak, debu dan asam belerang. Titik-titik kondensasi ini mempunyai sifat dapat mengambil uap air dari udara. Dalam keadaan murni, air hujan sangat bersih, tetapi setelah mencapai permukaan bumi, air hujan tidak murni lagi karena ada pengotoran udara yang disebabkan oleh pengotoran industri/debu dan lain sebagainya. Air hujan mengandung SO_4 , Cl , NH_3 , CO_2 , N_2 , C , O_2 , dan debu.

Air hujan murni yang tidak mengandung bahan pencemar pada dasarnya adalah air distilasi. Ukuran pH normal air hujan adalah 5,6 bersifat sedikit asam, hal ini karena adanya CO_2 di atmosfer. Pencemar udara seperti SO_2 dan NO_2 yang terkandung dalam asap pabrik maupun kendaraan bermotor, bereaksi dengan air hujan membentuk asam dan menurunkan pH air hujan. Semakin rendah pH suatu cairan maka sifat asam semakin tinggi. Apabila asam terkondensasi (menjadi embun) di udara dan kemudian jatuh bersama air hujan terjadilah apa yang disebut hujan asam.

2.15. Kajian penelitian sebelumnya

Pada penelitian **Bambang Heri Prabowo dan Lela Mukmilah** (2009) dibahas tentang pengaruh media korosif yaitu air sumur, air hujan, air PAM, air sungai, dan air laut terhadap baja tulangan yang memiliki kadar karbon rendah. Spesimen yang digunakan adalah baja tulangan dengan diameter 10 mm. Spesimen divariasikan menjadi tiga yaitu spesimen tanpa perlakuan, spesimen yang diberi tegangan dengan dipukul, dan spesimen yang diberi tegangan dengan ditebuk. Metode yang dilakukan adalah dengan perendaman

spesimen dalam berbagai macam media korosif selama 60 hari.

Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa berdasarkan variasi spesimen, spesimen yang diberi tegangan dengan ditekuk memiliki laju korosi paling besar jika dibandingkan dengan spesimen tanpa tegangan dan spesimen yang diberi tegangan dengan dipukul. Berdasarkan variasi media korosif, laju korosi terbesar adalah air laut dengan laju korosi sebesar 5,523 mpy. Laju korosi kedua terbesar adalah air hujan dengan laju korosi sebesar 3,535 mpy. Selanjutnya laju korosi air sumur sebesar 2,651 mpy, air PAM sebesar 2,209 mpy, dan air sungai sebesar 1,767 mpy. Air hujan memiliki laju korosi terbesar kedua karena pada perjalanan air hujan jatuh ke bumi, air menyerap partikel-partikel yang ada di udara, yang berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor, gas buang dari industri, dan lain-lain, yang menyebabkan polusi (tingkat kekotoran lingkungan) seperti CO₂, CO, NO_x, SO_x, dan lain-lain yang menyebabkan air hujan sekarang ini bersifat cenderung asam dan korosif terhadap logam. Sedangkan air sungai yang merupakan air permukaan (dimana kandungannya tergantung pada komposisi air yang mengalir) memiliki kandungan mineral dibandingkan dengan air laut sehingga agresivitasnya lebih rendah dari air laut. Selain itu faktor pH berpengaruh terhadap laju korosi, karena larutan yang bersifat asam akan mempercepat terjadinya proses korosi, karena larutan yang bersifat asam akan mempercepat terjadinya proses korosi, yang disebabkan oleh banyaknya ion H⁺.

Pada penelitian **Lukman dan Triwikantoro (2009)** dengan judul membahas tentang pengaruh unsur korosif air hujan terhadap baja karbon rendah berupa *velg* dengan variabel lapisan *coating*. Spesimen yang digunakan dalam penelitian adalah *velg* dengan variasi ketebalan lapisan *coating*, yaitu *velg* sepeda motor merk AHM (spesimen 1), *velg* sepeda motor merk D. I. D (spesimen 2), dan *velg*

sepeda motor merk indomobil (spesimen 3). Air hujan terlebih dulu dilakukan uji komposisi kimia menggunakan spektrometer termo ARL. Spesimen kemudian dimasukkan dalam gelas ukur yang berisi 1000 ml air hujan. Medium kemudian diletakkan di atas magnetik stirer, sehingga air dalam gelas ukur mengalir dengan kecepatan stirer 550 rpm. Masing-masing sampel ditimbang setiap 24 jam. Dengan potensiostat tipe PGS 201 T dapat diketahui laju korosi yang dialami spesimen. Sedangkan untuk mengetahui produk korosi yang terbentuk, diuji dengan menggunakan XRD dan EDX. Dan untuk mengetahui morfologi korosi menggunakan SEM.

Berdasarkan penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa laju korosi paling besar dialami oleh spesimen kedua yaitu *velg* sepeda motor merk D. I. D. yaitu sebesar $2,5 \times 10^{-5}$ mm/year. Selanjutnya spesimen pertama yaitu *velg* sepeda motor merk AHM sebesar $0,4 \times 10^{-5}$ mm/year dan spesimen ketiga yaitu *velg* sepeda motor merk indomobil sebesar $0,17 \times 10^{-5}$ mm/year. Pada spesimen pertama terbentuk korosi akibat unsur korosif hujan seperti Cl^- sehingga mengalami serangan korosi secara lokal dan sebarannya renggang. Produk korosif yang terbentuk adalah oksida kromium Cr_2O_3 dan oksida besi FeO . Hal tersebut menunjukkan lapisan permukaan *coating* telah rusak dan pecah akibat aktivitas ion-ion Cl^- pada air hujan. Pada spesimen kedua mengalami korosi merata dan terbentuk produk korosi berupa oksida kromium Cr_2O_3 dan oksida besi FeO . Hal tersebut menunjukkan lapisan permukaan *coating* telah rusak dan pecah akibat aktivitas ion-ion Cl^- pada air hujan. Spesimen ketiga mengalami serangan korosi lokal pada permukaan yang diserang dengan sebaran merata. Produk korosi yang terbentuk adalah oksida kromium Cr_2O_3 . Pada spesimen ini tidak diperoleh oksida besi FeO dimungkinkan karena lapisan *coating* belum pecah atau rusak oleh ion-ion difusi Cl^- .

Pada penelitian **R Puripuspita Sari, Siti Badriyah Rushayati, dan Rachmad Hermawan** (2007) dibahas mengenai pengaruh kandungan air hujan yang mempengaruhi timbulnya hujan asam. Dalam penelitian tersebut, kandungan yang diuji pada air hujan di empat lokasi yang berbeda (Cibinong, Ciawi, Kebun Raya Bogor, dan Megamendung) adalah pH, CO_2 , NH_3 , NO_3^- , SO_4^{2-} , dan Cl^- . Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada tabel 2.4.

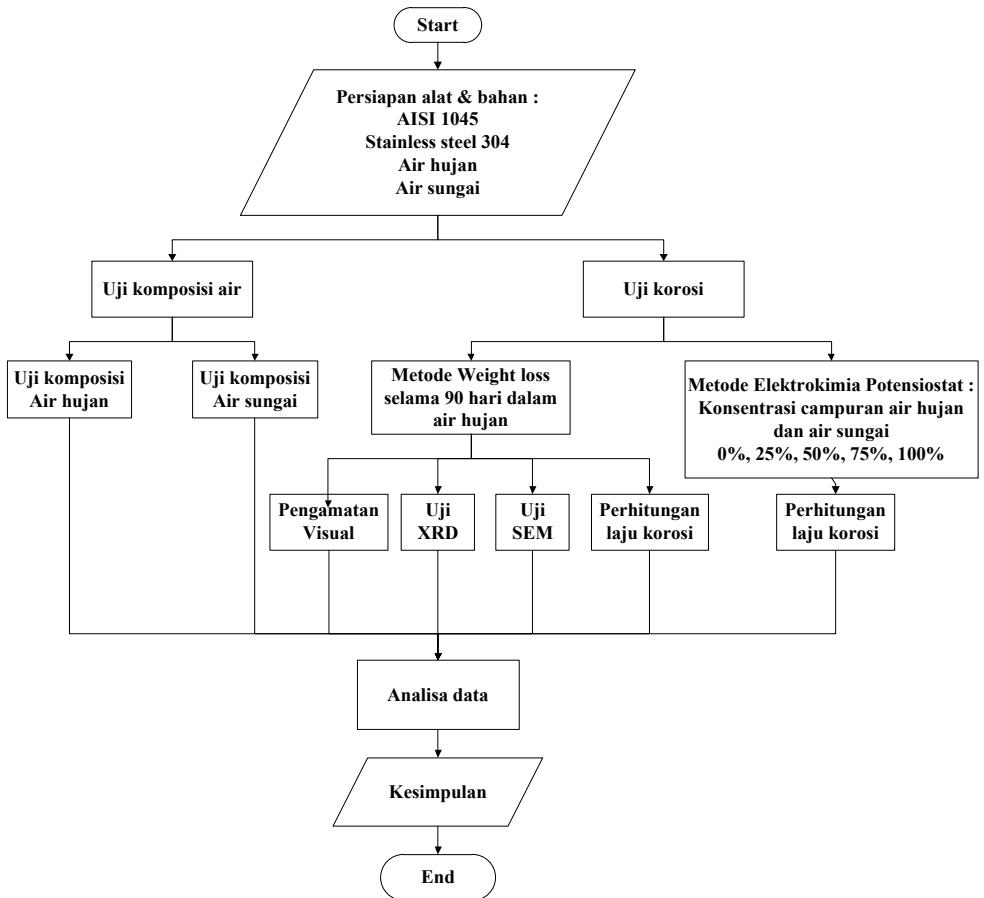
Tabel 2.4 Hasil pengujian pH dan konsentrasi polutan dalam air hujan

No	Lokasi	pH	CO_2 (mg/L)	NH_3 (mg/L)	NO_3^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	Cl^- (mg/L)
1	Megamendung	6,53	7,53	1,10	0,31	5,11	2,06
2	KRB	6,40	8,66	1,45	0,65	7,05	5,03
3	Ciawi	5,88	34,96	1,42	0,39	8,37	2,91
4	Cibinong	5,56	8,85	1,62	0,73	9,95	2,73

Berdasarkan pada hasil data air tersebut, daerah kawasan industri hijau (Megamendung) memiliki hasil polutan rendah, pada kawasan industri memiliki konsentrasi tinggi pada NH_3 , NO_3^- , dan SO_4^{2-} . Sedangkan pada daerah dengan kepadatan transportasi tinggi, konsentrasi polutan tertinggi pada polutan CO_2 . Pada penelitian tersebut dibahas pula bahwa penurunan pH disebabkan oleh polutan CO_2 , NO_3^- , dan SO_4^{2-} . Sedangkan peningkatan pH disebabkan oleh terlarutnya kalsium dan NH_3 . Ion NO_3^- bersifat sulit larut dalam air hujan dan memiliki masa aktif lebih lama daripada SO_4^{2-} . Ion SO_4^{2-} bersifat mudah larut dalam air hujan. Selain itu, pada awal musim hujan, polutan yang terukur masih tinggi sehingga ketika terjadi hujan, polutan bereaksi dengan H_2O dan menghasilkan pH rendah. Dan pada pertengahan musim hujan, polutan yang terukur lebih rendah dan menghasilkan pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan di awal musim hujan.

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram alir



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Rancangan penelitian

Untuk melaksanakan percobaan, tabel 3.1 berikut ini merupakan rancangan penelitian yang akan dilaksanakan.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

Perlakuan dan jenis pengujian		Spesimen	Pengujian			
			Uji Komposisi	Pengamatan Visual	Uji SEM	Uji XRD
Air hujan			√			
Air sungai			√			
Uji Laboratorium	400 ml air hujan	AISI 1045				
		Stainless steel 304				
	300 ml air hujan + 100 ml air sungai	AISI 1045				
		Stainless steel 304				
	200 ml air hujan + 200 ml air sungai	AISI 1045				
		Stainless steel 304				
	100 ml air hujan + 300 ml air sungai	AISI 1045				
		Stainless steel 304				
Uji Lapangan	Perendaman selama 30 hari	AISI 1045		√		
		Stainless steel 304		√		
	Perendaman selama 60 hari	AISI 1045		√		
		Stainless steel 304		√		
	Perendaman selama 90 hari	AISI 1045		√	√	√
		Stainless steel 304		√	√	√

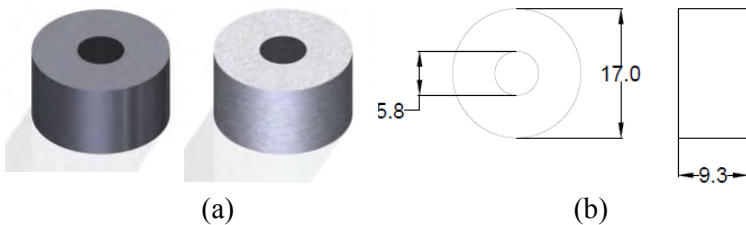
3.3 Bahan dan peralatan

3.3.1 Bahan penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Spesimen baja AISI 1045 dan baja AISI *Stainless steel* 304

Spesimen baja AISI 1045 dan baja AISI *Stainless steel* 304 yang digunakan untuk pengujian immersi menggunakan seperti ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 (a) Spesimen untuk uji immersi
(b) dimensi ukuran spesimen

Dan untuk pengujian elektrokimia dengan potensiostat menggunakan spesimen yang *dimounting* dengan resin epoxy dengan dimensi Ø 23 mm x 15 mm. Seperti ditunjukkan pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Spesimen untuk uji elektrokimia potensiostat

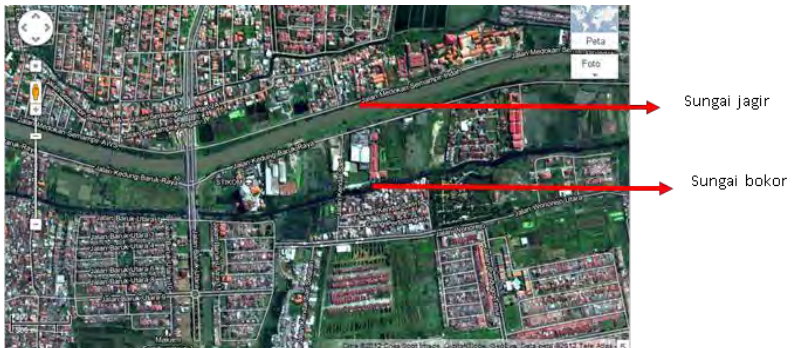
2. Resin epoxy dan katalis
3. Timah

4. Air hujan

Air hujan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan variasi volume antara lain 800 ml, 600 ml, 400 ml, dan 200 ml. Tiga variasi volume air hujan (600 ml, 400 ml, 200 ml) akan dicampurkan dengan air sungai sebagai media korosif.

5. Air sungai

Air sungai yang digunakan adalah air sungai bokor seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4. Air sungai yang digunakan diambil pada waktu siang hari. Dengan variasi volume yaitu 600 ml, 400 ml, dan 200 ml. Air sungai tersebut kemudian dicampurkan dengan air hujan sebagai media korosif.



Gambar 3.4 Lokasi sungai Bokor

3.3.2 Peralatan penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Masker
2. Kertas gosok (amplas) 220, 400, 600, 800, 1000
3. Beaker glass
4. Dryer
5. Solder
6. Neraca digital
7. Kamera
8. Gergaji potong
9. Mesin polishing

10. Mesin gerinding
11. Alat uji Potensiostat
12. Alat uji SEM
13. Alat uji XRD

3.3.3 Pelaksanaan penelitian

1. Persiapan Material

Spesimen yang digunakan untuk uji immersi sebanyak 6 buah baja AISI 1045 dan 6 buah baja *stainless steel* 304. Sedangkan untuk uji elektrokimia di sebanyak 2 buah baja AISI 1045 dan 2 buah baja *stainless steel* 304.

2. Persiapan Larutan Media Korosif

Media korosif yang digunakan untuk uji elektrokimia Potensiostat yaitu dengan air hujan saja dan dengan campuran air hujan dan air sungai dengan komposisi seperti yang tercantum pada tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3.2 Larutan media Korosif

No	Konsentrasi (%)	Air Hujan	Air Sungai	Total volume larutan
1	100	800 ml	-	800 ml
2	75	600 ml	200 ml	800 ml
3	50	400 ml	400 ml	800 ml
4	25	200 ml	600 ml	800 ml
5	0	-	800 ml	800 ml

3. Pengujian Korosi Immersi dengan Metode Weight Loss

Prosedur dari pengujian immersi :

1. Pengukuran dimensi spesimen.
2. Penimbangan berat spesimen.
3. Spesimen diberi label terlebih dulu sebagai penanda.
4. Persiapan larutan media korosif dalam wadah.
5. Spesimen dimasukkan dalam wadah.

6. Pengujian dilakukan selama 90 hari.
7. Pengangkatan/pengambilan spesimen dilakukan sebanyak tiga kali yaitu pada hari ke-30, hari ke-60, dan hari ke-90.
8. Pada setiap pengambilan spesimen dilakukan pembersihan dan penimbangan berat.

Prosedur pembersihan spesimen berdasarkan ASTM G1-03 :

A. Prosedur pembersihan baja AISI 1045

1. Larutan/*reagent* disiapkan. Yaitu :
 - 1000 mL hydrochloric acid (HCl, sp gr 1.19)
 - 20 g antimony trioxide (Sb_2O_3)
 - 50 g stannous chloride (SnCl_2)
2. Set temperatur pada 20°C
3. Spesimen yang terkorosi dicelupkan dalam larutan/*reagent* yang telah disiapkan.
4. Proses pencelupan dilakukan selama 25 menit
5. Spesimen dikeringkan dengan dryer
6. Penimbangan spesimen dengan neraca digital

B. Pembersihan *Stainless steel* 304

1. Larutan/*reagent* disiapkan. Yaitu :
 - 100 mL nitric acid (HNO_3 , sp gr 1.42)
 - 20 mL hydrofluoric acid (HF, sp gr 1.198–48 %)
 - Reagent water to make 1000 mL
2. Set temperatur pada 20°C
3. Spesimen yang terkorosi dicelupkan dalam larutan/*reagent* yang telah disiapkan.
4. Proses pencelupan dilakukan selama 20 menit.
5. Spesimen dikeringkan dengan dryer
6. Penimbangan spesimen dengan neraca digital

4. Pengamatan Visual

Pengamatan visual pada spesimen dilakukan secara berkala untuk melihat perubahan fisik pada spesimen yang terkorosi setiap 2 minggu.

5. Pengujian Komposisi Air Hujan

Uji komposisi air hujan dilakukan untuk mengetahui beberapa kandungan air hujan seperti yang dipaparkan pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Parameter kandungan air hujan

No	Elemen	Satuan	Hasil Analisa
1.	pH	-	
2.	Khlorida	mg/L Cl ⁻	
3.	Sulfat	mg/L SO ₄	
4.	Amonia	mg/L NH ₃ -N	
5.	CO ₂	mg/L CaCO ₃	
6.	Oksigen Terlarut	mg/L O ₂	

6. Pengujian komposisi Air Sungai

Uji komposisi air hujan dilakukan untuk mengetahui beberapa kandungan air hujan seperti yang dipaparkan pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Parameter kandungan air sungai

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa
1.	TSS	mg/L	
2.	DHL	µmhos/cm	
3.	pH	-	
4.	Kalsium	mg/L CaCO ₃	
5.	Khlorida	mg/L Cl ⁻	
6.	Sulfat	mg/L SO ₄	
7.	Nitrat	mg/L NO ₃ -N	
8.	Nitrit	mg/L NO ₂ -N	
9.	Oksigen terlarut	mg/L O ₂	
10.	Alkalinitas	mg/L CaCO ₃	
11.	Salinitas	‰	
12.	Zat organik	mg/L KMnO ₄	

7. Pengujian Korosi Potensiostat

Pada penelitian ini menggunakan potensiostat jenis versastat 4 dan software versastudio seperti ditunjukkan pada gambar 3.5. Potensiostat merupakan peralatan elektronik yang sangat penting dan digunakan untuk :

1. Mengontrol potensial yang diberikan antara elektrode kerja (working electrode) dan elektrode pembanding (reference electrode). Potensial ini merupakan potensial yang dipakai (E_{app}).
2. Mengukur besarnya arus yang mengalir antara elektroda kerja dan elektrode pembantu (counter electrode) yang merupakan arus total (i_{Total}).



Gambar 3.5 Mesin Potensiostat Versastat 4

A. Elektroda Acuan

Elektroda acuan yang digunakan pada penelitian ini adalah SCE saturated calomel (sat'd NaCl) (0,236 volts) seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Elektroda acuan kalomel

B. Elektroda Kerja

Tipe elektroda kerja adalah *solid electrode*, luas spesimen 0,785 cm², kerapatan (*density*) untuk baja AISI 1045 7,86 g/ml, sedangkan *stainless steel* 304 7,94g/ml, dan *equivalent weight* untuk baja AISI 1045 27,92 gram, sedangkan *stainless steel* 304 25,12 gram.

C. Elektroda Bantu

Elektroda bantu yang digunakan pada penelitiann ini adalah karbon yang berbentuk silinder dengan diameter 5 mm dan panjang 20 mm seperti ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Elektroda bantu

Prosedur pengujian dengan potensiostat :

1. Pengukuran dimensi spesimen
2. Polishing permukaan spesimen dengan grade 200, 400, 800, 1000
3. Persiapan larutan uji
4. Working electrode, reference electrode, counter electrode dihubungkan ke potensiostat
5. Atur parameter pengujian pada software.
Initial potential : -0,3 vs OC
Final potential : 0,3 vs OC
Step height (mV) : 1
Step time (s) : 0,1
6. Klik run untuk memulai pengujian.
7. Setelah memperoleh grafik Tafel, untuk memperoleh laju korosi, blok grafik ± 30 mV.
8. Kemudian klik tafel fit. Setelah itu akan diperoleh nilai laju korosi.

8. Pengujian SEM

Scanning Electron Microscope adalah jenis mikroskop elektron yang menampilkan gambar morfologi sampel dengan memanfaatkan sinar elektron berenergi tinggi dalam pola *raster scan*. Cara kerja SEM adalah dengan menembakkan elektron dari *electron gun* lalu melewati *condensing lenses* dan pancaran elektron akan diperkuat dengan sebuah kumparan, setelah itu elektron akan difokuskan ke sampel oleh lensa objektif yang ada dibagian bawah. Pantulan elektron yang mengenai permukaan sampel akan ditangkap oleh *backscattered electron detector* dan *secondary electron detector* yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk gambar pada display.

Pengujian SEM dilakukan dengan menggunakan mesin SEM FEI S50 Spectra seperti pada gambar 3.8. Pengujian SEM dilakukan untuk mengamati profil permukaan yang terkorosi dan distribusi produk korosi yang terbentuk. Sampel yang

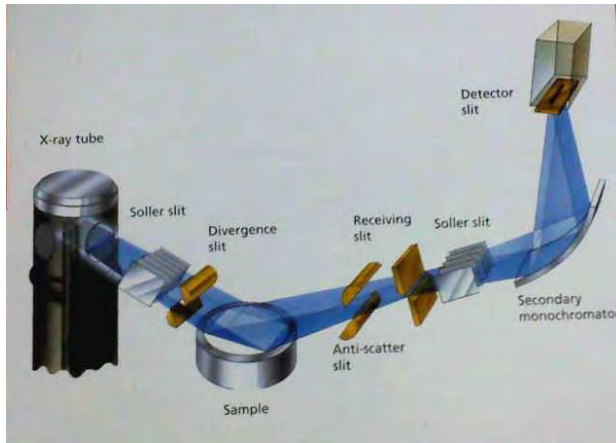
digunakan adalah spesimen yang mengalami uji imersi 90 hari yang dilengketkan pada holder dengan menggunakan selotip karbon double tape. Lalu dalam pengambilan gambar menggunakan perbesaran 250x, 500x, 1000x, dan 2000x.



Gambar 3.8 Mesin Scanning Electron Microscope (SEM) inspect s50

9. Pengujian XRD

Pengujian XRD ini adalah sebuah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui senyawa/unsur yang terbentuk pada sampel. Pengujian ini memanfaatkan difraksi dari sinar-X. Secara umum prinsip kerja XRD dapat dilihat pada gambar 3.9 yaitu generator tegangan tinggi yang berfungsi sebagai pembangkit daya sumber sinar-X pada bagian *x-ray tube*. Sampel berbentuk serbuk yang telah dimampatkan diletakkan diatas wadah yang dapat diatur posisinya. Lalu berkas sinar-X ditembak ke sampel dan sinar-x didifraksikan oleh sampel, kemudian berkas sinar-x masuk ke alat pencacah. Intensitas difraksi sinar - X ditangkap oleh detector dan diterjemahkan dalam bentuk kurva.



Gambar 3.9 Skema kerja XRD

Pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin XRD merk PANalytical seperti pada gambar 3.10. Pengujian dilakukan dengan sinar X menggunakan *range* sudut $10^{\circ} - 90^{\circ}$ dan menggunakan panjang gelombang $\text{CuK}\alpha$ sebesar 1.54056 \AA . Identifikasi fasa hasil pengujian XRD pada penelitian ini melalui *search match* pada penelitian ini melalui *search match* dengan *software X'pert Graphics & Identity* serta dengan pencocokan manual dengan kartu PDF dari *software PCPDFWIN* untuk puncak – puncak yang teridentifikasi saat *search match* dengan sebelumnya mengidentifikasi unsur - unsur atau senyawa yang dapat muncul setelah proses korosi



Gambar 3.10 Mesin X-Ray Diffraction (XRD)
PANalytical

11. Penghitungan laju korosi

Perhitungan laju korosi dilakukan berdasarkan dua pengujian korosi, yaitu pengujian elektrokimia di laboratorium dan pengujian immersi di lapangan. Pada uji elektrokimia di laboratorium menggunakan alat potensiostat dan diperoleh nilai i_{corr} . Dari nilai i_{corr} tersebut dimasukkan dalam persamaan berikut :

$$CR = K_1 \frac{i_{\text{corr}}}{\rho} EW$$

Sedangkan pada pengujian immersi di lapangan, setelah melalui proses korosi, spesimen uji immersi dibersihkan dan ditimbang menggunakan neraca digital. Dari penimbangan tersebut akan diperoleh berat yang hilang (W). Nilai W tersebut dimasukkan dalam persamaan berikut :

$$mpy = \frac{KW}{DAT}$$

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data

4.1.1. Pengamatan Makro / Pengamatan Visual

Pengamatan visual secara makro bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan korosi yang terlihat secara visual pada spesimen.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.1 Baja AISI 1045 setelah proses immersi selama
(a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari

Berdasarkan gambar 4.1(a), setelah mengalami imersi selama 30 hari, spesimen AISI 1045 telah mengalami perubahan

warna menjadi kuning kecokelatan. Perubahan warna mengindikasikan bahwa spesimen telah mengalami serangan korosi dan menghasilkan produk korosi. pada gambar 4.1(b), spesimen mengalami korosi merata. Pada gambar terdapat warna kuning kecokelatan dan kehitaman, produk kuning kecokelatan bersifat rapuh sehingga bila tersentuh produk tersebut terlepas dari spesimen. Sedangkan yang berwarna kehitaman merupakan produk korosi yang melekat pada permukaan speimen dan bersifat lebih padat. Pada gambar 4.1(c), produk berwarna kuning kecokelatan dan menyelimuti permukaan spesimen.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.2 Baja *Stainless steel* 304 selama immersi.
(a) 30 hari (b) 60 hari (c) 90 hari

Berdasarkan gambar 4.2(a), setelah mengalami proses imersi selama 30 hari, spesimen *stainless steel* 304 tidak

mengalami perubahan. Adanya warna kuning kehijauan pada permukaan spesimen merupakan pengotor larutan air hujan yang tertampung. Pada gambar 4.2(b) setelah mengalami imersi selama 60 hari, terjadi perubahan pada permukaan spesimen berupa warna kekuningan. Pada gambar 4.2(c) setelah mengalami imersi selama 90 hari, pada permukaan spesimen tetap terdapat warna kekuningan.

4.1.2. Pengujian Komposisi Air

A. Air hujan

Pengujian komposisi air hujan dilakukan untuk mengetahui kandungan air hujan yang digunakan sebagai media korosif.

Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Air Hujan

No	Elemen	Satuan	Hasil Analisis	Metode Analisa
1.	pH	-	5,95	pH meter
2.	Khlorida	mg/L Cl-	68,00	Argentometri
3.	Sulfat	mg/L SO ₄	0,00	Spektrofotometri
4.	Amonia	mg/L NH ₃ -N	1,32	Spektrofotometri
5.	CO ₂	mg/L CaCO ₃	250,00	Trimetri
6.	Oksigen terlarut	mg/L O ₂	6,80	Iodimetri

Berdasarkan tabel 4.1, air hujan memiliki pH 5,95 dan mengandung khlorida sebesar 68,0 mg/L, amonia sebesar 1,32 mg/L , CO₂ sebesar 250,00 mg/L, oksigen terlarut 6,80 mg/L dan tidak terdapat sulfat. Besar pH air hujan yang berada di bawah pH netral (pH 7) termasuk dalam larutan yang bersifat asam. Selain itu adanya kandungan khlorida dikarenakan daerah penelitian merupakan daerah yang lebih dekat dengan laut. Pada prosesnya, air laut menguap di udara dan turun bersama air hujan.

Berdasarkan literatur, ion klorida, amonia dan karbon dioksida merupakan polutan dalam air hujan. Dan berdasarkan penelitian sebelumnya, polutan CO₂ dapat menurunkan pH air hujan sehingga menyebabkan bersifat asam. Tetapi dari hasil pengukuran pH yang bernilai 5,95 menunjukkan bahwa air hujan yang digunakan sebagai media korosif bukan termasuk hujan asam. Pada air hujan, kandungan ion khlorida dapat meningkatkan pembentukan korosi pada spesimen baja AISI 1045. Oksigen terlarut menyebabkan reaksi berlanjut pada pembentukan korosi tahap selanjutnya. Pada spesimen *Stainless Steel*, adanya oksigen terlarut menyebabkan munculnya lapisan pasivasi, sedangkan ion khlorida dapat memecahkan lapisan pasivasi.

B. Air Sungai

Setelah dilakukan pengujian air sungai diperoleh data yang ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji Komposisi Air Sungai

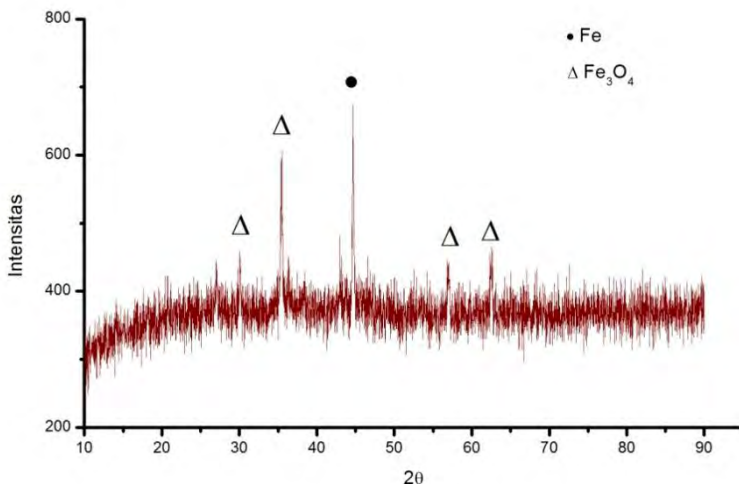
No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1.	TSS	mg/L	82	Gravimetri
2.	DHL	μmhos/cm	1117	Conductivity meter
3.	pH	-	6,95	pH meter
4.	Kalsium	mg/L CaCO ₃	107,14	Kompleksometri
5.	Khlorida	mg/L Cl ⁻	44,00	Argentometri
6.	Sulfat	mg/L SO ₄	18,37	Spektrofotometri
7.	Nitrat	mg/L NO ₃ -N	0,04	Spektrofotometri
8.	Nitrit	mg/L NO ₂ -N	0,052	Spektrofotometri
9.	Oksigen terlarut	mg/L O ₂	0,00	Iodimetri
10.	Alkalinitas	mg/L CaCO ₃	270,00	Titrimetri
11.	Salinitas	‰	-	Salinometer
12.	Zat organik	mg/L KMnO ₄	75,84	Oksidasi/Titrimetri

Pada tabel 4.2 merupakan hasil uji komposisi air sungai. Besar kandungan TSS adalah 82 mg/L, kandungan DHL sebesar 1117 $\mu\text{mhos/cm}$, pH sebesar 6,95, kandungan kalsium 107,14 mg/L, kandungan khlorida 44 mg/L, kandungan sulfat sebesar 18,37 mg/L, kandungan nitrat 0,04 mg/L, kandungan nitrit 0,052 mg/L, kandungan oksigen terlarut sebesar 0 mg/L, kandungan alkalinitas 270,00 mg/L, kandungan salinitas tidak ada, dan kandungan zat organik 75,84 mg/L.

Berdasarkan hasil pengujian tersebut bila ditinjau besar pH, media tersebut tidak bersifat korosif. Tetapi kandungan lainnya, yaitu kalsium, ion khlorida, sulfat, nitrat, dan nitrit dapat meningkatkan sifat korosif pada media larutan.

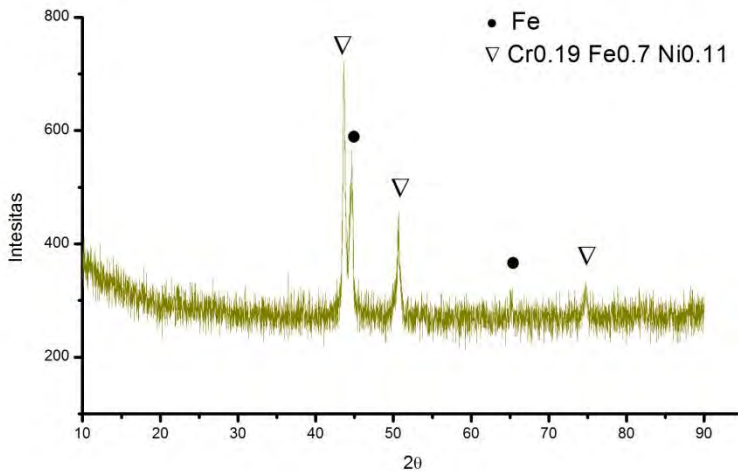
4.1.3. Pengujian XRD

Pengujian XRD dilakukan untuk mengetahui produk korosi yang terbentuk. Pengujian XRD ini menggunakan dua spesimen, yaitu AISI 1045 dan *stainless steel* 304 yang telah diimersi selama 90 hari.



Gambar 4.3 Hasil pengujian XRD AISI 1045

Pada gambar 4.3, puncak-puncak difraksi pada hasil XRD AISI 1045 merupakan puncak Fe dan Fe_3O_4 . Puncak Fe sesuai dengan JCPDF (#06-0696) dengan 2θ sebesar $44,67^\circ$, sedangkan puncak Fe_3O_4 sesuai dengan JCPDF (#89-0688) dengan 2θ $30,07^\circ$, $35,42^\circ$, $56,99^\circ$, dan $62,55^\circ$. Dari hasil XRD, Fe_3O_4 merupakan produk korosi pada AISI 1045.



Gambar 4.4 Hasil pengujian XRD *Stainless steel 304*

Pada gambar 4.4, puncak-puncak difraksi pada hasil XRD *stainless steel 304* merupakan Fe dan Cr. Puncak Fe sesuai dengan JCPDF (#06-0696) dengan 2θ $44,71^\circ$ dan $65,08^\circ$. Sedangkan puncak $\text{Cr}_{0.19}\text{Fe}_{0.7}\text{Ni}_{0.11}$ sesuai dengan JCPDF (#33-0397) dengan 2θ sebesar $43,62^\circ$, $50,64^\circ$, dan $74,67^\circ$. Dari hasil pengujian XRD tersebut, pada spesimen *stainless steel 304* tidak teridentifikasi adanya produk korosi yang menempel pada permukaan spesimen.

4.1.4. Pengujian *Weight Loss*

Pengujian weight loss dilakukan bertujuan untuk mengetahui laju korosi berdasarkan pengurangan berat yang dialami spesimen AISI 1045 dan *stainless steel* 304 yang diimersi dalam air hujan.

Tabel 4.3 Perhitungan pengurangan berat pada spesimen AISI 1045 dan *Stainless steel* 304

Spesimen		Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Selisih berat (gram)
AISI 1045	30 hari	15,8453	15,6011	0,2442
	60 hari	15,9472	15,5590	0,3882
	90 hari	16,2064	15,6905	0,5159
<i>Stainless steel</i> 304	30 hari	0,60158	6,0158	0
	60 hari	12,9913	12,9905	0,0008
	90 hari	16,0211	16,0195	0,0016

Berdasarkan tabel 4.3, pada hari ke-30, spesimen AISI 1045 mengalami pengurangan berat sebesar 0,2442 gram. Pada hari ke-60, spesimen AISI 1045 mengalami pengurangan berat sebesar 0,3882 gram. Dan pada hari ke-90, spesimen AISI 1045 mengalami pengurangan berat sebesar 0,5159 gram

Sedangkan pada spesimen *stainless steel* 304, pada 30 hari pertama, pengurangan berat belum terjadi. Hal tersebut dikarenakan *stainless steel* 304 memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan AISI 1045. Pada hari ke-60, spesimen *stainless steel* 304 mengalami pengurangan sebesar 0,0008 gram. Pada hari ke-90, spesimen *stainless steel* 304 mengalami pengurangan berat sebesar 0,0016 gram.

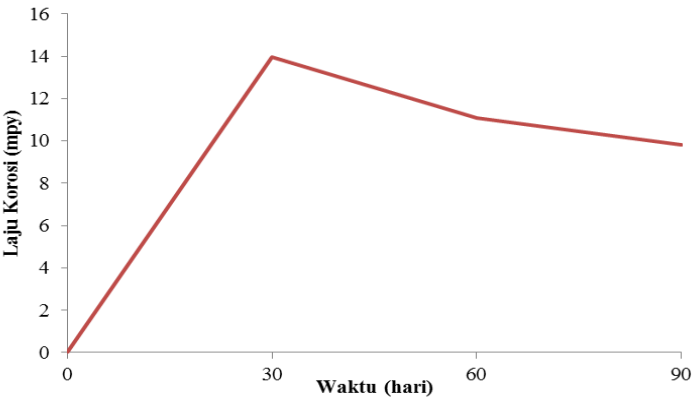
Kemudian dari data pengurangan berat pada tabel 4.3 disubstitusikan ke dalam persamaan perhitungan laju korosi.

Sehingga diperoleh laju korosi untuk AISI 1045 dan *stainless steel* 304 seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4 Nilai laju korosi pada spesimen AISI 1045

Spesimen	Waktu (hari)	Laju Korosi (mpy)
AISI 1045	30	13,956
	60	11,085
	90	9,821

Pada tabel 4.4 diperoleh data besarnya laju korosi yang dialami AISI 1045. Pada hari ke-30 laju korosi yang dialami sebesar 13,956 mpy. Pada hari ke-60, spesimen AISI 1045 terjadi penurunan laju korosi menjadi 11,085 mpy. Pada hari ke-90, spesimen AISI 1045 mengalami penurunan lagi menjadi 9,821 mpy.



Gambar 4.5 Grafik penurunan laju korosi pada spesimen AISI 1045

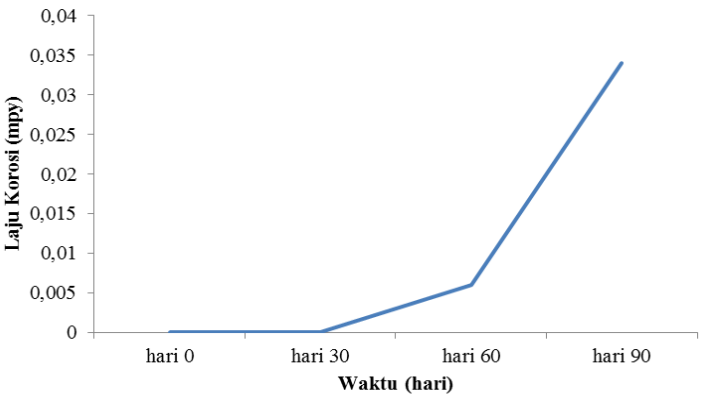
Berdasarkan pada gambar 4.5, dapat dilihat tren penurunan laju korosi yang dialami AISI 1045. Penurunan laju korosi yang tersebut akibat adanya produk korosi yang menyelimuti spesimen sehingga produk korosi tersebut menjadi lapisan pasif bagi

spesimen itu sendiri dan mengurangi kontak antara larutan air hujan dengan permukaan spesimen.

Tabel 4.5 Nilai laju korosi pada spesimen *Stainless steel 304*

Spesimen	Waktu (hari)	Laju Korosi (mpy)
<i>Stainless steel</i> 304	30	0
	60	0,006
	90	0,034

Sedangkan pada tabel 4.5 diperoleh data besarnya laju korosi yang dialami spesimen *stainless steel 304* pada hari ke-30 sebesar 0 mpy. Pada hari ke-60, spesimen *stainless steel 304* mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,022 mpy. Dan pada hari ke-90, spesimen *stainless steel 304* mengalami peningkatan laju korosi menjadi 0,034 mpy.



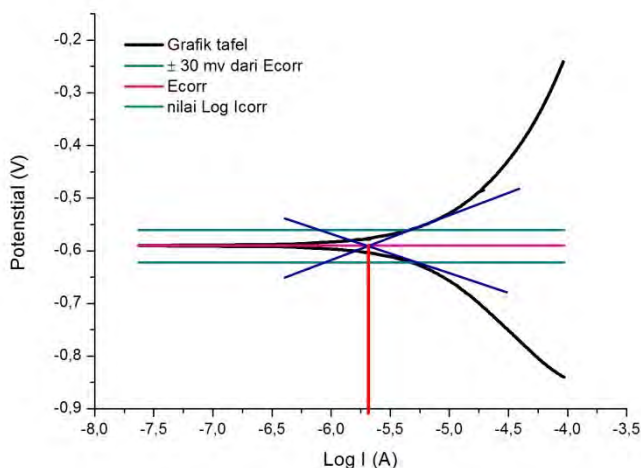
Gambar 4.6 Grafik kenaikan laju korosi pada spesimen *Stainless steel 304*

Berdasarkan gambar 4.6 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan laju korosi yang dialami oleh spesimen *stainless steel 304*. Nilai laju korosi yang dialami spesimen *stainless steel 304* sangat kecil disebabkan adanya kromium pada *Stainless steel 304*

menyebabkan besarnya ketahanan terhadap korosi. Saat *stainless steel* 304 kontak dengan lingkungan, akan terbentuk lapisan pasivasi pada permukaan spesimen tersebut yang melindungi permukaan spesimen dari ion hidroksil hasil reaksi reduksi H_2O .

4.1.5. Pengujian elektrokimia potensiostat

Pada pengujian elektrokimia dengan potensiostat ini untuk mengetahui laju korosi yang dialami AISI 1045 dan *Stainless steel* 304 pada beberapa kondisi, yaitu air hujan saja dan campuran air hujan dengan beberapa konsentrasi.



Gambar 4.7 Grafik Polarisasi Tafel laju korosi pada spesimen AISI 1045 pada 800 ml air hujan.

Gambar 4.6 merupakan grafik Tafel spesimen AISI 1045 pada 800 ml air hujan yang diperoleh dari hasil pengujian menggunakan potensiostat. Dari grafik tersebut, kemudian dilakukan ekstrapolasi dengan menarik garis horisontal sejajar sumbu x $\pm 30 \text{ mv}$. Dari penarikan garis horisontal tersebut diperoleh nilai β_a yang merupakan titik potong dengan kurva tafel anodik dan nilai β_c yang merupakan titik potong dengan kurva

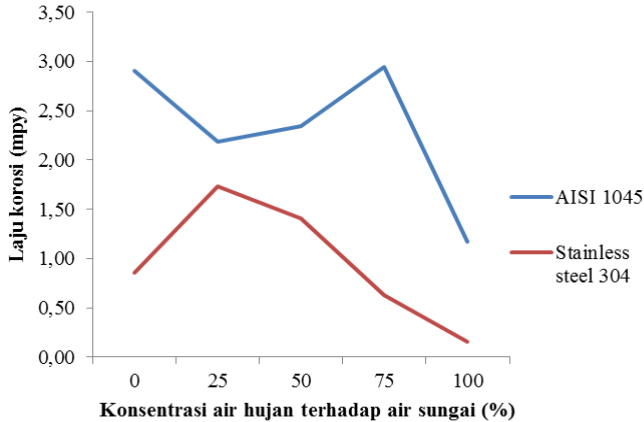
tafel katodik. Selanjutnya, ditarik garis kemiringan terhadap titik β_a dan β_c . Dari dua garis singgung terhadap β_a dan β_c , terdapat titik potong yang kemudian ditarik garis vertikal, yang merupakan nilai $\log i_{corr}$. Selanjutnya nilai i_{corr} yang diperoleh tersebut disubstitusikan pada persamaan 16. Dan diperoleh nilai laju korosi pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Elektrokimia Potensiostat

No	Konsentrasi Air hujan (%)	Variabel		Spesimen	Hasil Pengujian Potensiostat (mpy)
		Air Hujan (ml)	Air Sungai (ml)		
1	0	800	-	AISI 1045	2,910
				<i>Stainless Steel</i> 304	0,860
2	25	200	600	AISI 1045	2,185
				<i>Stainless Steel</i> 304	1,734
3	50	400	400	AISI 1045	2,342
				<i>Stainless Steel</i> 304	1,409
4	75	600	200	AISI 1045	2,948
				<i>Stainless Steel</i> 304	0,629
5.	100	800	-	AISI 1045	1,173
				<i>Stainless Steel</i> 304	0,158

Berdasarkan tabel 4.6 hasil potensiostat menunjukkan nilai laju korosi dari media korosif air hujan untuk AISI 1045 sebesar 1,173 mpy dan *Stainless Steel* 304 sebesar 0,158 mpy. Sedangkan untuk campuran 600 ml air hujan dan 200 ml air sungai menghasilkan nilai laju korosi untuk AISI 1045 sebesar 2,948 mpy dan untuk *Stainless Steel* 304 sebesar 0,629 mpy. Pada campuran 400 ml air hujan dan 400 ml air sungai menghasilkan nilai laju korosi untuk AISI 1045 sebesar 2,342 mpy dan *Stainless Steel* 304 sebesar 1,409. Pada campuran 200 ml air hujan dan 600 ml air sungai menghasilkan nilai laju korosi untuk AISI 1045 sebesar 2,185 mpy dan untuk *Stainless Steel* 304 sebesar 1,734 mpy. Dan pada 800 ml air sungai, nilai laju korosi untuk AISI

1045 sebesar 2,910 mpy dan untuk *Stainless Steel* 304 sebesar 0,860 mpy.

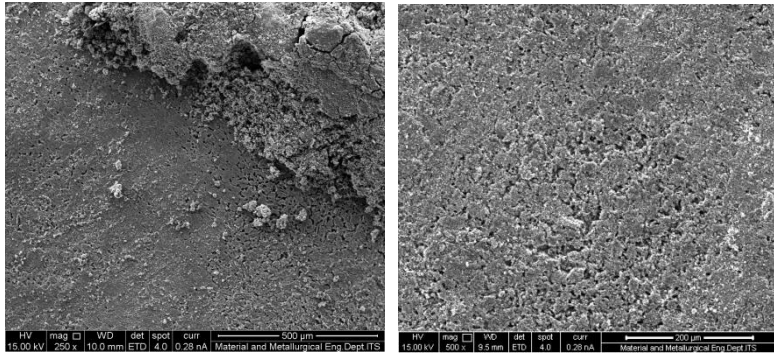


Gambar 4.8 Grafik laju korosi pengujian potensiostat pada spesimen AISI 1045 dan *stainless steel* 304

Berdasarkan hasil laju korosi dengan Potensiostat dapat dilihat bahwa pada spesimen AISI 1045 pada konsentrasi 75 % air hujan mengalami kenaikan laju korosi, lalu pada konsentrasi 50% dan 25% air hujan, spesimen tersebut mengalami penurunan laju korosi. Pada hasil pengujian dengan variasi konsentrasi larutan tersebut, nilai laju korosi terbesar pada konsentrasi 75% air hujan. Sedangkan pada *stainless steel* 304 terjadi kenaikan laju korosi selaras dengan pengurangan konsentrasi keberadaan air hujan. Dari hasil pengujian terhadap spesimen stainless steel 304, laju korosi terbesar pada konsentrasi 25% air hujan. Berdasarkan pengujian elektrokimia potensiostat, air sungai bersifat lebih korosif dibandingkan air hujan.

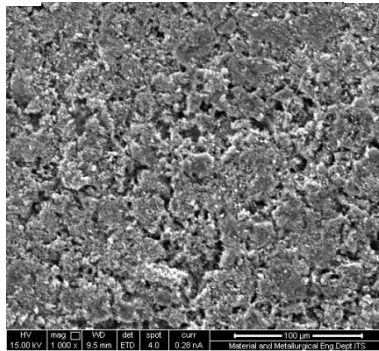
4.1.6. Pengujian SEM

Setelah dilakukan pengamatan SEM pada spesimen AISI 1045 dan *stainless steel* 304 diperoleh gambar berikut.



(a)

(b)

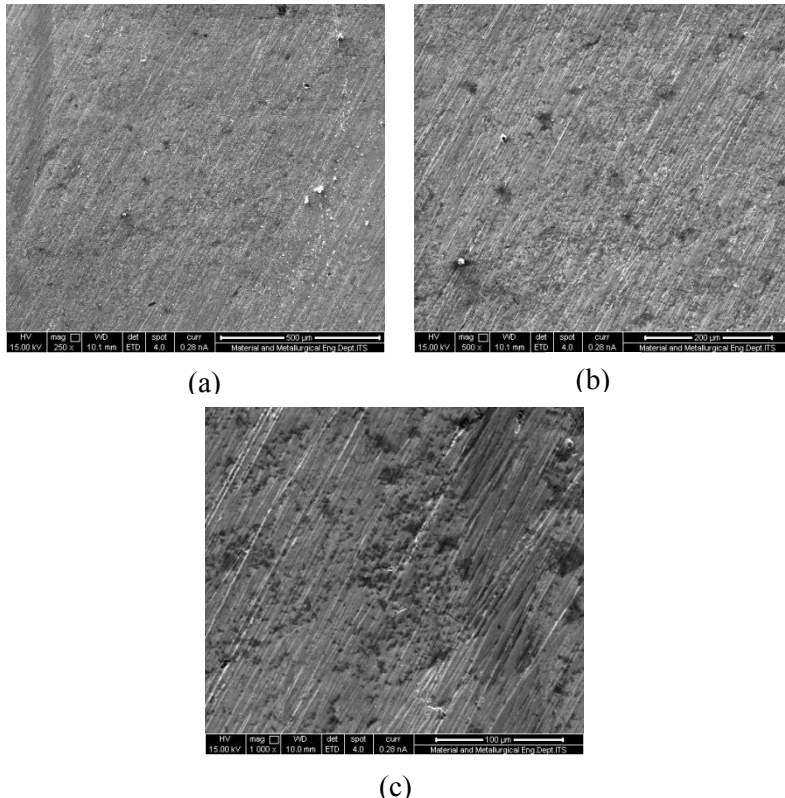


(c)

Gambar 4.9 Hasil SEM baja AISI 1045 setelah imersi selama 90 hari (a) perbesaran 250x (b) perbesaran 500x (c) perbesaran 1000x

Pada gambar 4.10 (a), spesimen AISI 1045 tampak mengalami serangan korosi merata. Berdasarkan identifikasi hasil pengujian XRD, produk korosi yang menyelimuti seluruh permukaan spesimen adalah oksida besi Fe_3O_4 . Pada gambar juga terdapat dua tumpukan yang berbeda, tumpukan bagian atas bersifat mudah rapuh. Pada gambar 4.10 (b) dan (c), morfologi

produk korosi Fe_3O_4 tampak berpori. Produk korosi yang menyelimuti permukaan spesimen merupakan lapisan pasivasi bagi spesimen itu sendiri. Karena morfologi Fe_3O_4 berpori maka larutan korosif masih dapat kontak dengan permukaan spesimen sehingga serangan korosi masih terjadi namun dengan penurunan nilai laju korosi.



Gambar 4.10 Hasil SEM baja SEM *Stainless Steel* 304 setelah imersi selama 90 hari (a) perbesaran 250x (b) perbesaran 500x (c) perbesaran 1000x

Pada gambar 4.11 (a) dan (b) dengan perbesaran 250x dan 500 x, pada spesimen *Stainless Steel* 304 tidak ditemukan adanya

produk korosi yang menempel pada spesimen. Sedangkan pada gambar 4.11 (c) perbesaran 1000x, terdapat perbedaan warna gelap terang, daerah gelap menunjukkan permukaan spesimen yang tidak rata. Pada hasil SEM ini, warna kekuningan pada permukaan spesimen yang tampak pada pengamatan visual, tidak tampak berbeda dengan warna dasar *stainless steel*.

4.2. Pembahasan

Pada penelitian ini, spesimen AISI 1045 dan *Stainless steel* 304 diuji dengan dua metode yaitu, metode weight loss selama 90 hari dan metode elektrokimia potensiostat. Perubahan yang terjadi diamati secara berkala melalui pengamatan makro/visual. Dari pengamatan tersebut, pada spesimen baja AISI 1045 tampak adanya produk korosi yang berwarna kuning kecoklatan dan produk yang berwarna kehitaman. Kemudian diperkuat dengan pengamatan mikro dengan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM), diperoleh morfologi produk korosi yang berpori. Setelah melalui pengujian XRD, produk korosi tersebut merupakan Fe_3O_4 .

Baja AISI 1045 berperan sebagai anoda yang mengalami reaksi oksidasi menjadi Fe^{2+} dan melepaskan elektron. Sedangkan reaksi reduksi dialami larutan menjadi ion OH^- . Kemudian ion OH^- berdifusi di sekitar anoda yang kemudian bereaksi dengan Fe^{2+} membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Karena adanya oksigen terlarut dalam air hujan, produk korosi $\text{Fe}(\text{OH})_2$ bereaksi dengan oksigen dan membentuk Fe_3O_4 .

Lalu dengan pengujian *weight loss*, diperoleh laju korosi pada 30 hari sebesar 13,956 mpy, pada 60 hari sebesar 11,085 mpy, dan pada 90 hari sebesar 9,821 mpy. Dari data tersebut, terjadi penurunan laju korosi. Penurunan tersebut terjadi karena, korosi. produk korosi tersebut bertindak sebagai lapisan pasivasi bagi baja AISI 1045 itu sendiri, dan menghalangi kontak larutan pada permukaan. Pada pengujian elektrokimia potensiostat, dengan variasi konsentrasi larutan air hujan terhadap air sungai, dengan konsentrasi 0% air hujan, diperoleh laju korosi sebesar

2,910 mpy, konsentrasi 25 %, sebesar 2,185 mpy, konsentrasi 50% sebesar 2,342 mpy, konsentrasi 75% sebesar 2,948 mpy, dan konsentrasi 100% sebesar 1,173 mpy. Berdasarkan hasil tersebut, lingkungan air sungai bersifat lebih korosif bagi AISI 1045 dibandingkan dengan air hujan. Sedangkan pada campuran air hujan dan air sungai, baja AISI 1045 mengalami laju korosi terbesar pada konsentrasi 75%. Pada konsentrasi tersebut, volume air hujan lebih banyak dibandingkan dengan air sungai, sehingga kandungan air hujan lebih banyak berpengaruh pada laju korosi yang dialami baja AISI 1045. Polutan CO_2 dan ion Cl^- berpengaruh pada laju korosi yang dialami baja AISI 1045. Polutan CO_2 menurunkan pH pada air hujan, sehingga membuat air hujan bersifat sedikit asam. Sedangkan polutan Cl^- yang berukuran kecil mudah masuk melalui pori pada Fe_3O_4 sehingga dapat kontak dengan permukaan spesimen. Cl^- merupakan ion agresif sehingga dapat mempercepat laju korosi.

Pada spesimen *stainless steel* 304, hasil pengamatan makro/visual setelah imersi 30 hari tidak tampak adanya perubahan pada permukaan. Sedangkan pada 60 hari, mulai adanya perubahan warna pada permukaan, yaitu warna kekuningan. Warna kekuningan tersebut menunjukkan mulai pecahnya lapisan pasivasi pada spesimen. Setelah 90 hari, warna kekuningan tidak tampak perubahan. Secara pengamatan mikro dengan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM), tidak tampak adanya area kekuningan tersebut. Pada hasil pengujian XRD, hanya teridentifikasi unsur Fe dan senyawa Fe Cr Ni. Kemudian pada pengujian weight loss, pada 30 hari diperoleh laju korosi sebesar 0 mpy, pada 60 hari sebesar 0,006 mpy, dan 90 hari sebesar 0,034 mpy. Pada spesimen *stainless steel* 304, terjadi kenaikan laju korosi yang dipengaruhi adanya kandungan Cl^- yang dapat merusak lapisan pasivasi pada permukaan spesimen.

Pada pengujian elektrokimia potensiostat, dengan variasi konsentrasi larutan air hujan terhadap air sungai, dengan konsentrasi 0% air hujan, diperoleh laju korosi sebesar 0,860 mpy, konsentrasi 25 %, sebesar 1,734 mpy, konsentrasi 50%

sebesar 1,409 mpy, konsentrasi 75% sebesar 0,629 mpy, dan konsentrasi 100% sebesar 0,158 mpy. Berdasarkan hasil tersebut, lingkungan air sungai bersifat lebih korosif bagi *stainless steel* 304 dibandingkan dengan air hujan. Sedangkan pada campuran air hujan dan air sungai, baja *stainless steel* 304 mengalami laju korosi terbesar pada konsentrasi 25%. Pada konsentrasi tersebut, volume air sungai lebih banyak dibandingkan dengan air hujan, sehingga kandungan air sungai lebih banyak berpengaruh pada laju korosi yang dialami baja *stainless steel* 304. Daya hantar listrik pada air sungai yang cukup tinggi dapat mempercepat reaksi senyawa dalam larutan. Selain itu dalam campuran air hujan dan air sungai, jumlah ion Cl^- meningkat. Sehingga dapat menghancurkan lapisan pasivasi pada permukaan *stainless steel* 304.

Perbedaan nilai laju korosi berdasarkan metode *weight loss* dan elektrokimia potensiostat, disebabkan perbedaan kondisi pada lingkungan uji. Pada pengujian *weight loss*, lingkungan bersifat dinamis dengan waktu imersi 90 hari sedangkan pada lingkungan potensiostat lingkungan bersifat statis dengan waktu yang lebih singkat.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisa terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap spesimen AISI 1045 dan Stainless Steel 304 diperoleh kesimpulan :

1. Dengan metode weight loss selama 90 hari, laju korosi pada spesimen AISI 1045 sebesar 9,821 mpy dan pada spesimen *stainless steel* 304 sebesar 0,34 mpy.
2. Dengan metode elektrokimia dalam variasi konsentrasi larutan air hujan dan air sungai, laju korosi terbesar pada spesimen AISI 1045 adalah 2,948 mpy dalam konsentrasi 75% air hujan terhadap air sungai. Dan pada spesimen *stainless steel* 304, laju korosi terbesar adalah 1,734 mpy dalam konsentrasi 25% air hujan terhadap air sungai.
3. Polutan dalam air hujan yang berpengaruh adalah amoniak, Cl^- , dan CO_2 . Amoniak dan CO_2 berpengaruh pada turunnya pH sehingga membuat air hujan bersifat sedikit asam. Sedangkan Cl^- berpengaruh pada mempercepat laju korosi pada spesimen.
4. Karakteristik korosi pada AISI 1045 adalah adanya serangan korosi merata dengan adanya produk korosi Fe_3O_4 . Sedangkan pada *stainless steel* 304, serangan korosi yang terjadi sangat kecil sehingga tidak ditemukan produk korosi.

5.2. Saran

Dari penelitian ini terdapat beberapa saran antara lain :

1. Sampel pengujian yang diimersi dalam air hujan perlu diperbanyak sebagai alternatif spesimen bila dibutuhkan untuk pengujian lain sebagai data pendukung.

2. Perlu adanya penambahan unsur maupun senyawa yang terkandung pada air hujan dalam pengujian komposisi.

LAMPIRAN A

Minggu ke-2



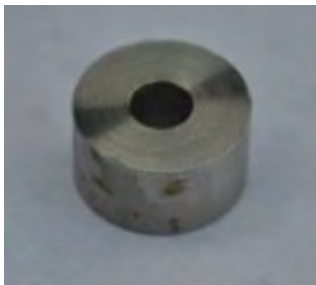
Minggu ke-4



Minggu ke-6



Minggu ke-8



Minggu ke-10

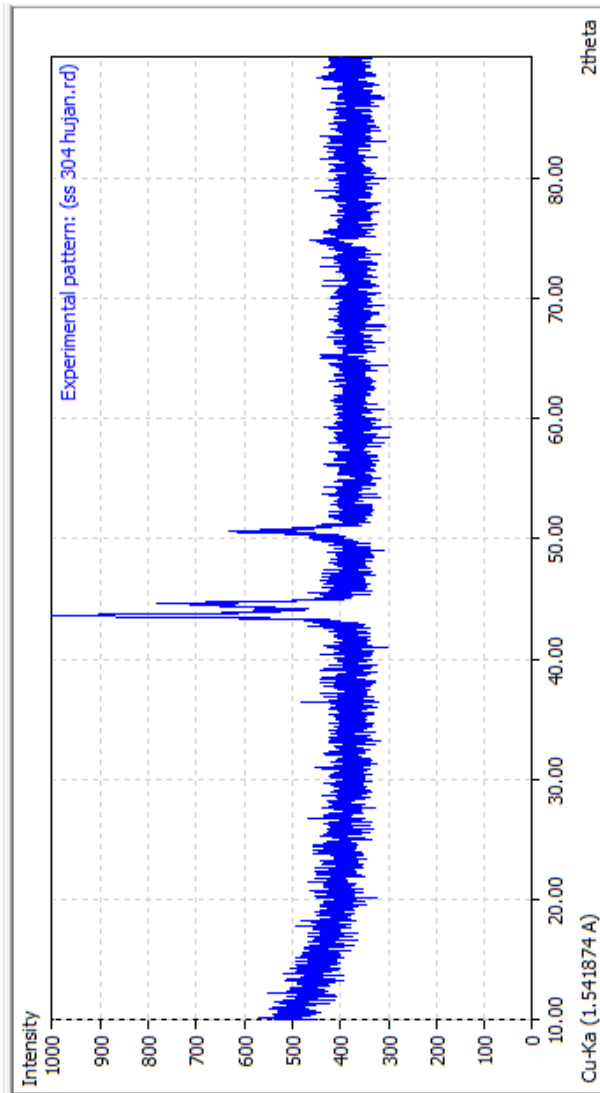


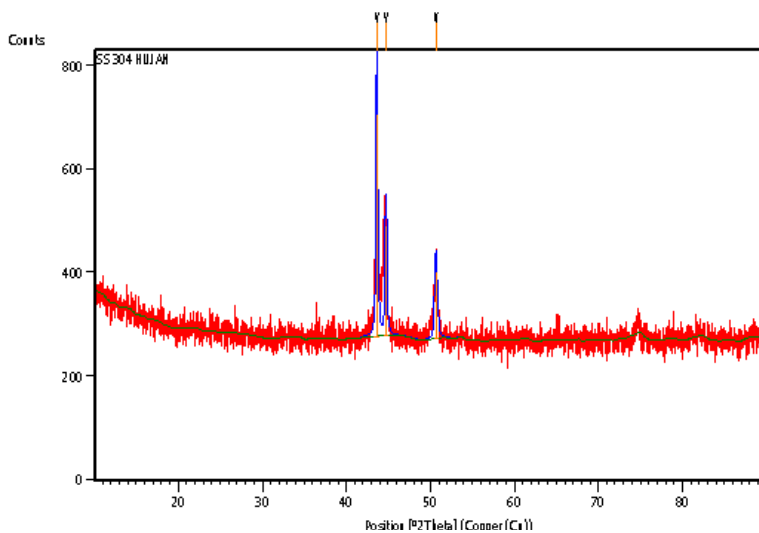
Minggu ke-12



LAMPIRAN B

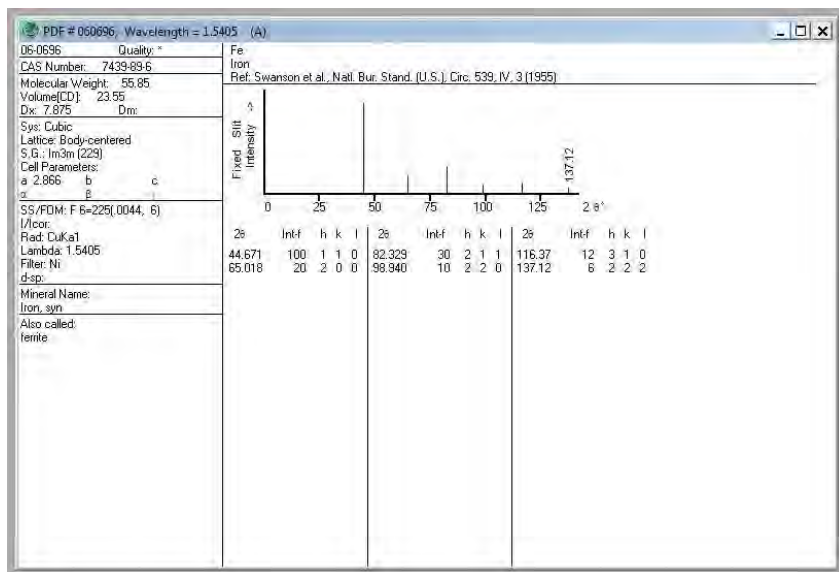
Hasil XRD *stainless steel 304*



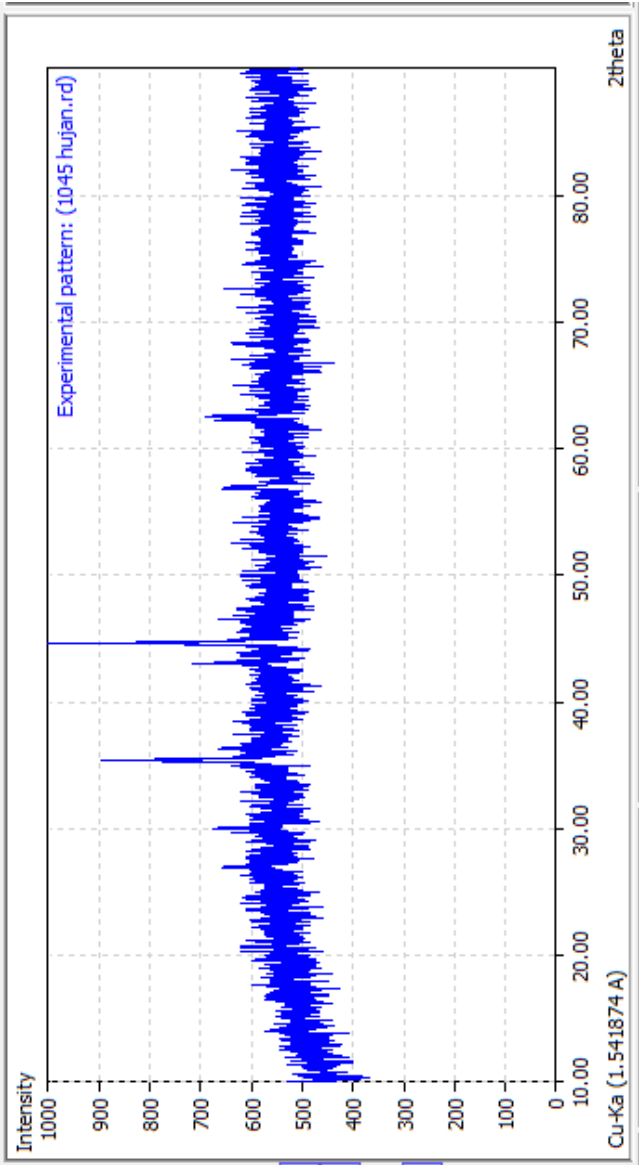


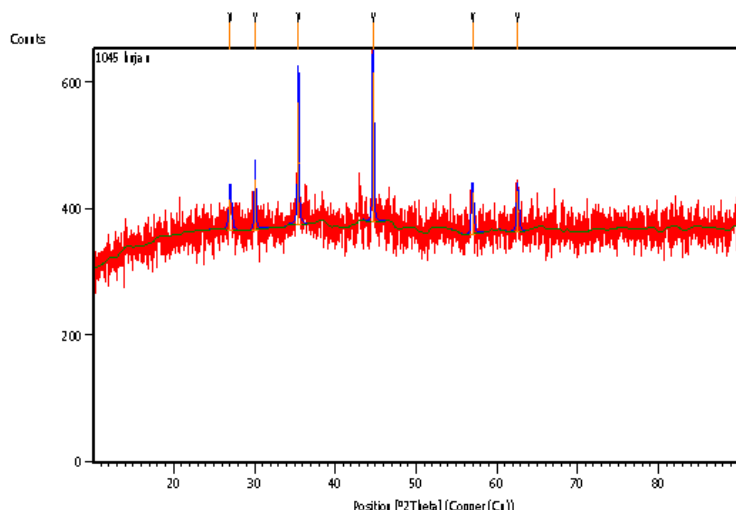
Peak List

Pos.[°2Th.]	Height [cts]	FWHMLeft[°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
43.6116	429.05	0.2342	2.07541	100.00
44.7117	212.78	0.2342	2.02687	49.59
50.6418	128.97	0.3346	1.80257	30.06



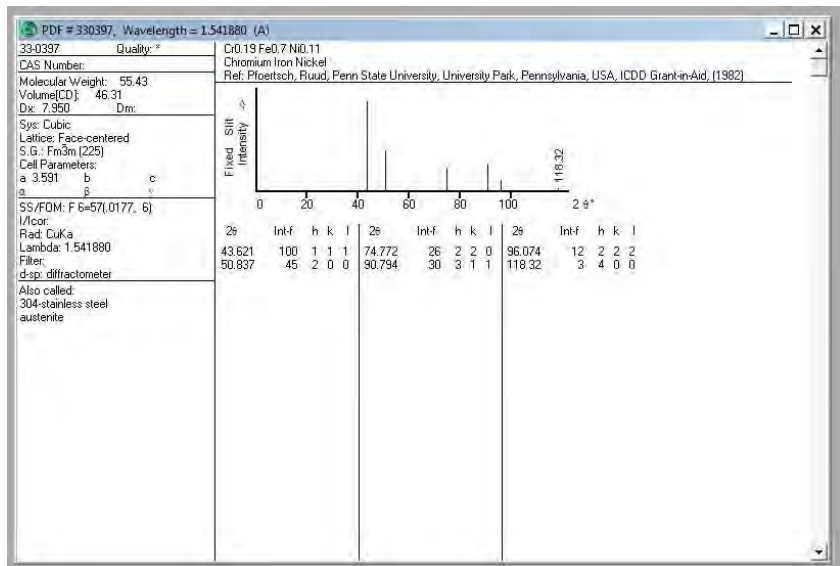
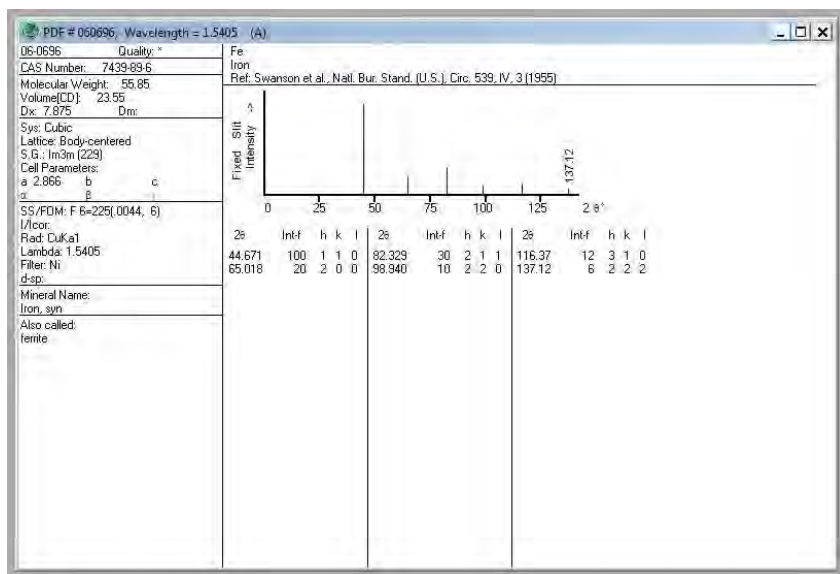
Hasil XRD AISI 1045





Peak List

Pos. [°2θ.]	Height [cts]	FWHMLeft [°2θ.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
27.0175	49.97	0.4015	3.30034	21.02
30.0714	80.49	0.2007	2.97176	33.86
35.4285	193.29	0.2007	2.53373	81.32
44.6778	237.69	0.1673	2.02833	100.00
56.9906	67.55	0.2676	1.61593	28.42
62.5592	64.85	0.2676	1.48481	27.28



LAMPIRAN C

Perhitungan weight loss

Pada spesimen AISI 1045

1. Weight loss setelah 30 hari

$$\begin{aligned}L_p &= 2 \times L_{\text{lingkaran}} + L_{\text{selimut luar}} + L_{\text{selimut dalam}} \\&= 2(\pi(R^2 - r^2)) + \pi Dt + \pi dt \\&= 2(3,14 (8,5^2 - 2,9^2)) + 3,14 \times 17 \times 9,3 + 3,14 \times 5,8 \times 9,3 \\&= 2(3,14(72,25 - 8,41)) + 3,14 \times 17 \times 8,5 + 3,14 \times 6 \times 8,5 \\&= 400,9152 + 496,434 + 169,3716 \\&= 1066,7208 \text{ mm}^2 \\&= 10,667208 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kemudian disubstitusikan menjadi :

$$\begin{aligned}CR \text{ (mpy)} &= \frac{K W}{DAT} \\CR \text{ (mpy)} &= \frac{3,45 \times 10^{-6} \times 0,2442}{7,86 \times 10,667 \times 720} \\CR \text{ (mpy)} &= 13,956 \text{ mpy}\end{aligned}$$

2. Weight loss setelah 60 hari

$$\begin{aligned}L_p &= 2 \times L_{\text{lingkaran}} + L_{\text{selimut luar}} + L_{\text{selimut dalam}} \\&= 2(\pi(R^2 - r^2)) + \pi Dt + \pi dt\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2(3,14 (8,5^2 - 2,9^2)) + 3,14 \times 17 \times 9,3 + 3,14 \times 5,8 \times 9,3 \\
&= 2(3,14(72,25 - 8,41)) + 3,14 \times 17 \times 8,5 + 3,14 \times 6 \times 8,5 \\
&= 400,9152 + 496,434 + 169,3716 \\
&= 1066,7208 \text{ mm}^2 \\
&= 10,667208 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

Kemudian disubstitusikan menjadi :

$$CR (mpy) = \frac{K W}{DAT}$$

$$CR (mpy) = \frac{3,45 \times 10^{-6} \times 0,3882}{7,86 \times 10,667 \times 1440}$$

$$CR (mpy) = 11,085 \text{ mpy}$$

3. Weight loss setelah 90 hari

$$\begin{aligned}
L_p &= 2 \times L_{\text{lingkaran}} + L_{\text{selimut luar}} + L_{\text{selimut dalam}} \\
&= 2(\pi(R^2 - r^2)) + \pi D t + \pi d t \\
&= 2(3,14 (8,5^2 - 2,9^2)) + 3,14 \times 17 \times 9,3 + 3,14 \times 5,8 \times 9,3 \\
&= 2(3,14(72,25 - 8,41)) + 3,14 \times 17 \times 8,5 + 3,14 \times 6 \times 8,5 \\
&= 400,9152 + 496,434 + 169,3716 \\
&= 1066,7208 \text{ mm}^2 \\
&= 10,667208 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

Kemudian disubstitusikan menjadi :

$$CR (mpy) = \frac{K W}{DAT}$$

$$CR (mpy) = \frac{3,45 \times 10^{-6} \times 0,5159}{7,86 \times 10,667 \times 2160}$$

$$CR (mpy) = 9,821 \text{ mpy}$$

Pada spesimen *Stainless steel* 304

1. Weight loss setelah 30 hari

$$L_p = 2 \times L_{\text{lingkaran}} + L_{\text{selimut luar}} + L_{\text{selimut dalam}}$$

$$= 2(\pi(R^2 - r^2)) + \pi D t + \pi d t$$

$$= 2(3,14 (7,5^2 - 2^2)) + 3,14 \times 15 \times 5 + 3,14 \times 4 \times 5$$

$$= 2(3,14(56,25 - 4)) + 3,14 \times 15 \times 5 + 3,14 \times 4 \times 5$$

$$= 328,13 + 235,5 + 62,8$$

$$= 626,43 \text{ mm}^2$$

$$= 6,2643 \text{ cm}^2$$

Kemudian disubstitusikan menjadi :

$$CR (mpy) = \frac{K W}{DAT}$$

$$CR (mpy) = \frac{3,45 \times 10^{-6} \times 0}{7,94 \times 6,2643 \times 720}$$

$$CR (mpy) = 0 \text{ mpy}$$

2. Weight Loss setelah 60 hari

$$\begin{aligned}
 L_p &= 2 \times L_{\text{lingkaran}} + L_{\text{selimut luar}} + L_{\text{selimut dalam}} \\
 &= 2(\pi(R^2 - r^2)) + \pi Dt + \pi dt \\
 &= 2(3,14 (8^2 - 3^2)) + 3,14 \times 16 \times 8 + 3,14 \times 6 \times 8 \\
 &= 2(3,14(64 - 9)) + 3,14 \times 16 \times 8 + 3,14 \times 6 \times 8 \\
 &= 445,84 + 496,434 + 169,3716 \\
 &= 998,48 \text{ mm}^2 \\
 &= 9,98488 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kemudian disubstitusikan menjadi :

$$\begin{aligned}
 CR \text{ (mpy)} &= \frac{K W}{DAT} \\
 CR \text{ (mpy)} &= \frac{3,45 \times 10^{-6} \times 0,0002}{7,94 \times 9,9848 \times 1440} \\
 CR \text{ (mpy)} &= 0,006 \text{ mpy}
 \end{aligned}$$

3. Weight Loss 90 hari

$$\begin{aligned}
 L_p &= 2 \times L_{\text{lingkaran}} + L_{\text{selimut luar}} + L_{\text{selimut dalam}} \\
 &= 2(\pi(R^2 - r^2)) + \pi Dt + \pi dt \\
 &= 2(3,14 (8,5^2 - 2,9^2)) + 3,14 \times 17 \times 9,3 + 3,14 \times 5,8 \times 9,3 \\
 &= 2(3,14(72,25 - 8,41)) + 3,14 \times 17 \times 8,5 + 3,14 \times 6 \times 8,5 \\
 &= 400,9152 + 496,434 + 169,3716 \\
 &= 1066,7208 \text{ mm}^2 \\
 &= 10,667208 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kemudian disubstitusikan menjadi :

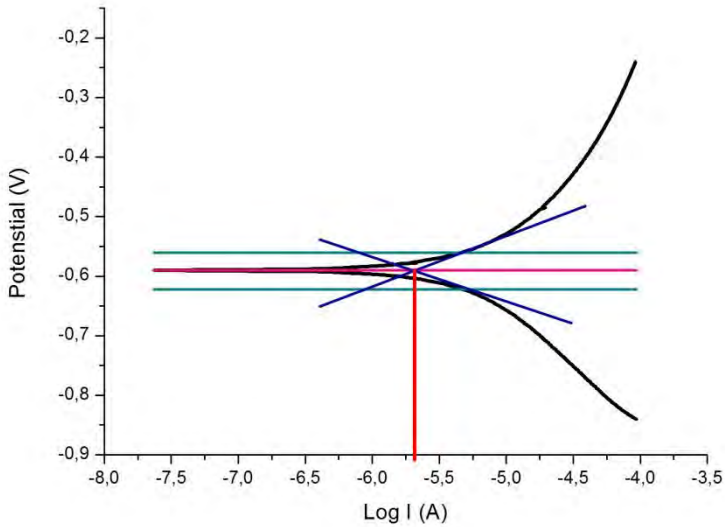
$$CR (mpy) = \frac{K W}{DAT}$$

$$CR (mpy) = \frac{3,45 \times 10^{-6} \times 0,0016}{7,94 \times 10,667 \times 2160}$$

$$CR (mpy) = 0,034 \text{ mpy}$$

LAMPIRAN D

Grafik Tafel spesimen AISI 1045 pada 800 ml air hujan.



Nilai $\log I_{corr} = -5,7$

EW = 27,92 gram

$\rho = 7,86 \text{ g/cm}^2$

menghitung I_{corr} :

$$\log I_{corr} = -5,7$$

$$I_{corr} = 10^{(-5,7)}$$

$$I_{corr} = 1,995 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_{corr} = 1,995 \text{ mA}$$

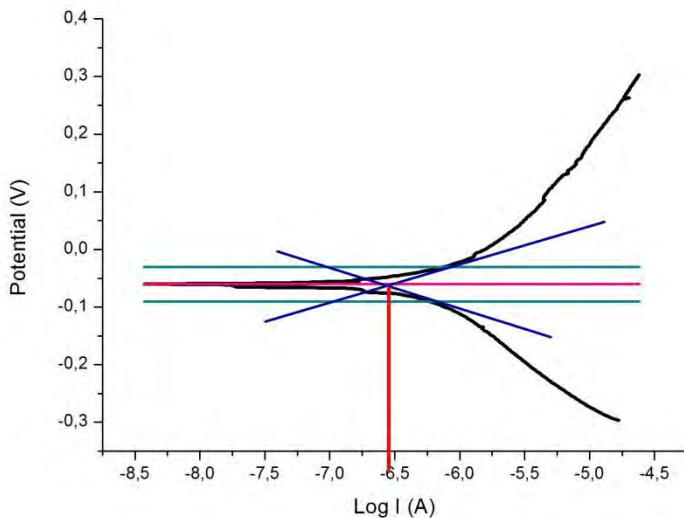
$$I_{corr} = 2,541 \text{ mA/cm}^2$$

Lalu disubstitusikan menjadi

$$CR = \frac{0,13 \times 2,541 \times 27,92}{7,86}$$

$$CR = 1,173 \text{ mpy}$$

Grafik Tafel spesimen *stainless steel* 304 pada 800 ml air hujan.



Nilai log $I_{corr} = -5,7$

EW = 25,12 gram

$\rho = 7,94 \text{ g/cm}^2$

menghitung I_{corr} :

$$\log I_{corr} = -6,57$$

$$I_{corr} = 10^{(-6,57)}$$

$$I_{corr} = 0,269 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_{corr} = 0,269 \text{ mA}$$

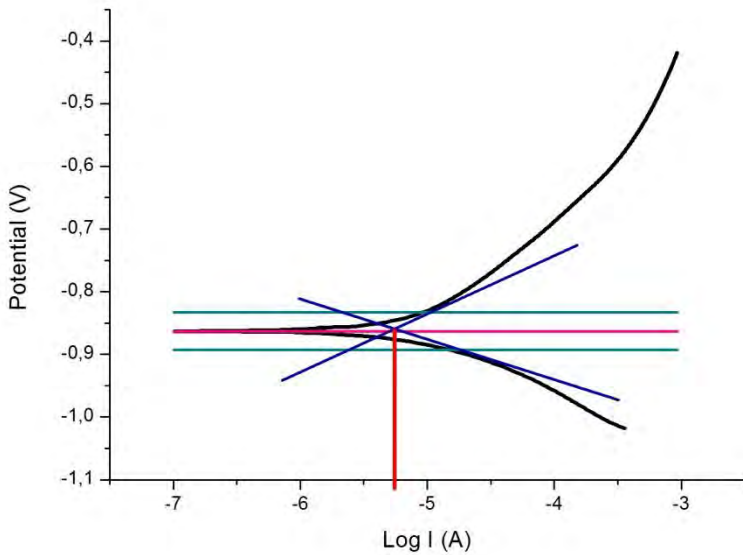
$$I_{corr} = 0,343 \text{ mA/cm}^2$$

Lalu disubstitusikan menjadi

$$CR = \frac{0,13 \times 2,541 \times 25,12}{7,94}$$

$$CR = 0.158 \text{ mpy}$$

Grafik Tafel spesimen AISI 1045 pada 600 ml air hujan dan 200 ml air sungai.



$$\begin{aligned}\text{Nilai log } I_{corr} &= -5,3 \\ \text{EW} &= 27,92 \text{ gram} \\ \rho &= 7,86 \text{ g/cm}^2\end{aligned}$$

menghitung I_{corr} :

$$\log I_{corr} = -5,3$$

$$I_{corr} = 10^{(-5,3)}$$

$$I_{corr} = 5,012 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_{corr} = 5,012 \text{ mA}$$

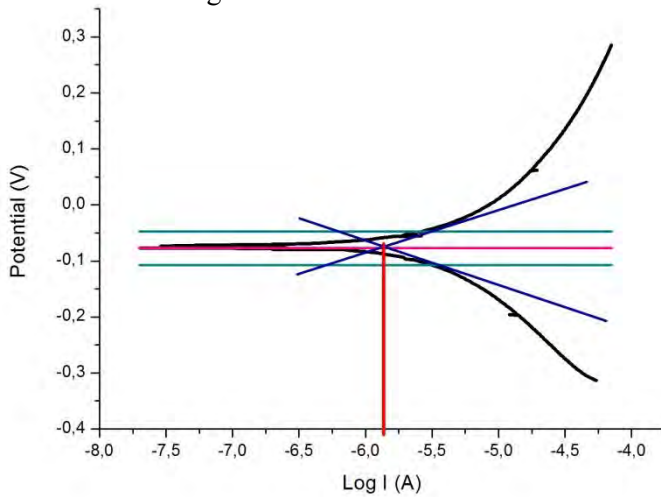
$$I_{corr} = 6,385 \text{ mA/cm}^2$$

Lalu disubstitusikan menjadi

$$CR = \frac{0,13 \times 6,385 \times 27,92}{7,86}$$

$$CR = 2,948 \text{ mpy}$$

Grafik Tafel spesimen *stainless steel* 304 pada 600 ml air hujan dan 200 ml air sungai.



Nilai $\log I_{corr} = -5,92$
 EW = 25,12 gram
 $\rho = 7,94 \text{ g/cm}^2$

menghitung I_{corr} :

$$\log I_{corr} = -5,92$$

$$I_{corr} = 10^{(-5,92)}$$

$$I_{corr} = 1,202 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_{corr} = 1,202 \text{ mA}$$

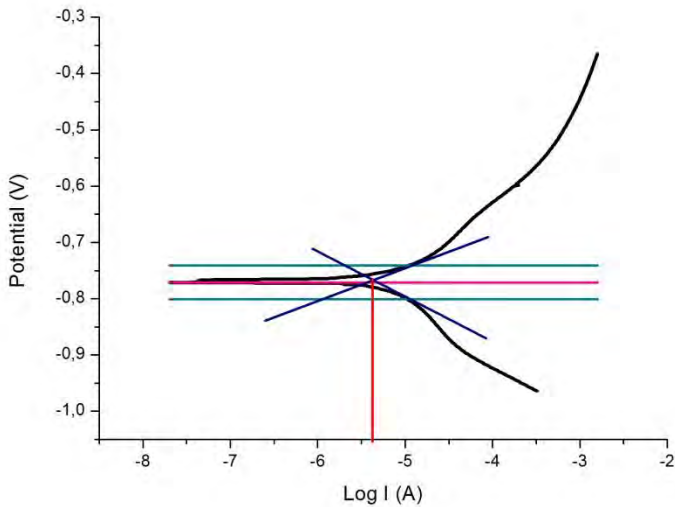
$$I_{corr} = 1,531 \text{ mA/cm}^2$$

Lalu disubstitusikan menjad

$$CR = \frac{0,13 \times 2,541 \times 25,12}{7,94}$$

$$CR = 0,630 \text{ mpy}$$

Grafik Tafel spesimen AISI 1045 pada 400 ml air hujan dan 400 ml air sungai.



Nilai log I_{corr} = -5,4

EW = 27,92 gram

ρ = 7,86 g/cm²

menghitung I_{corr} :

$$\log I_{corr} = -5,4$$

$$I_{corr} = 10^{(-5,4)}$$

$$I_{corr} = 3,981 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_{corr} = 3,981 mA$$

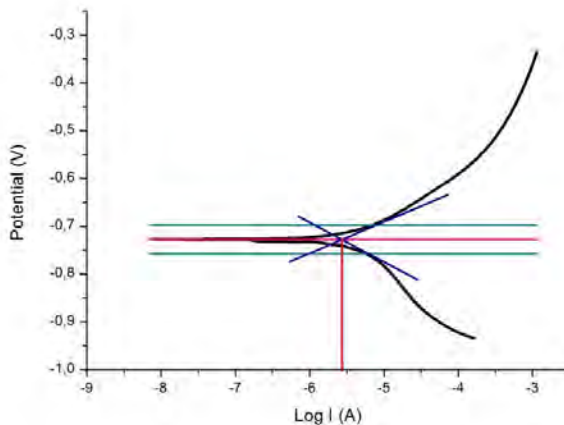
$$I_{corr} = 5,071 mA/cm^2$$

Lalu disubstitusikan menjadi

$$CR = \frac{0,13 \times 5,071 \times 27,92}{7,86}$$

$$CR = 2,342 mpy$$

Grafik Tafel spesimen *stainless steel* 304 pada 600 ml air hujan dan 200 ml air sungai.



Nilai log I_{corr} = -5,57
 EW = 25,12 gram
 ρ = 7,94 g/cm²
 menghitung I_{corr} :

$$\log I_{corr} = -5,57$$

$$I_{corr} = 10^{(-5,57)}$$

$$I_{corr} = 2,691 \times 10^{-6} A$$

$$I_{corr} = 2,691 mA$$

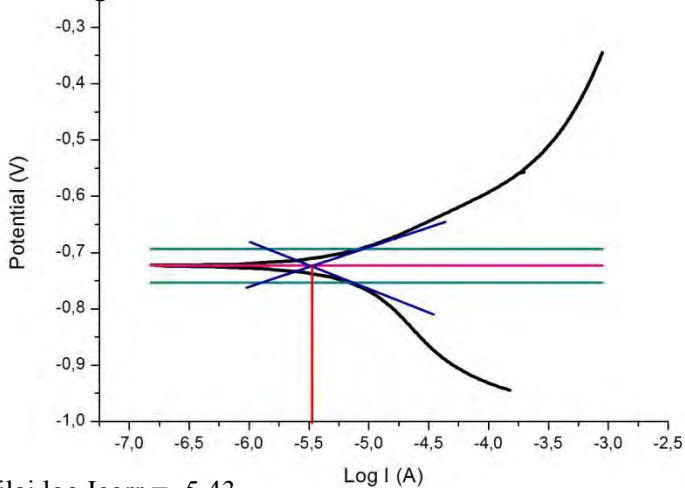
$$I_{corr} = 3,428 mA/cm^2$$

Lalu disubstitusikan menjadi

$$CR = \frac{0,13 \times 2,541 \times 25,12}{7,94}$$

$$CR = 1,409 mpy$$

Grafik Tafel spesimen AISI 1045 pada 200 ml air hujan dan 600 ml air sungai.



Nilai log I_{corr} = -5,43

EW = 27,92 gram

ρ = 7,86 g/cm²

menghitung I_{corr} :

xl

$$\log I_{corr} = -5,43$$

$$I_{corr} = 10^{(-5,43)}$$

$$I_{corr} = 3,715 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_{corr} = 3,715 \text{ mA}$$

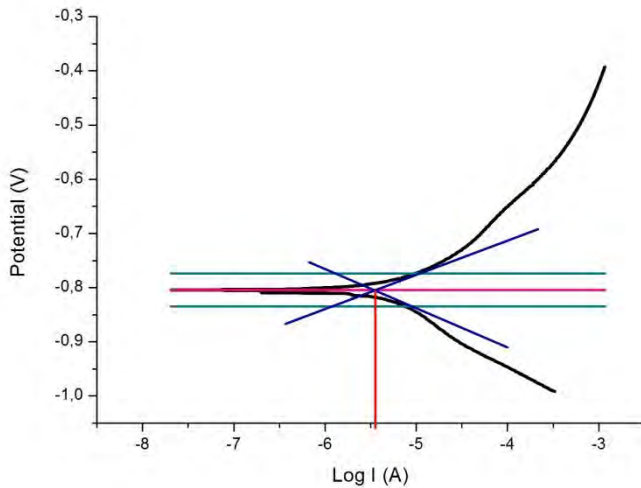
$$I_{corr} = 4,732 \text{ mA/cm}^2$$

Lalu disubstitusikan menjadi

$$CR = \frac{0,13 \times 4,732 \times 27,92}{7,86}$$

$$CR = 2,185 \text{ mpy}$$

Grafik Tafel spesimen *stainless steel* 304 pada 600 ml air hujan dan 200 ml air sungai.



Nilai $\log I_{corr} = -5,48$

EW = 25,12 gram

$\rho = 7,94 \text{ g/cm}$

menghitung I_{corr} :

$$\log I_{corr} = -5,48$$

$$I_{corr} = 10^{(-5,48)}$$

$$I_{corr} = 3,311 \times 10^{-6} \text{ A}$$

$$I_{corr} = 3,311 \text{ mA}$$

$$I_{corr} = 4,217 \text{ mA/cm}^2$$

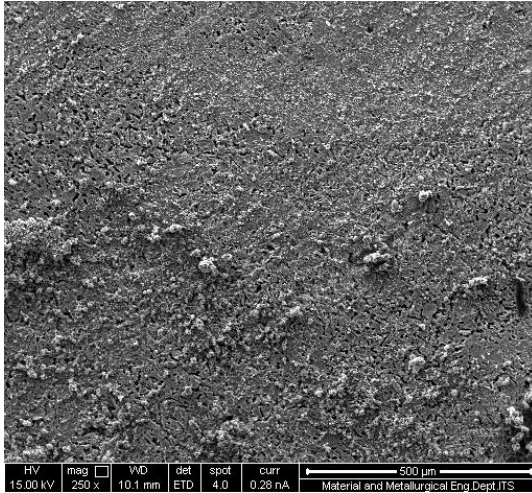
Lalu disubstitusikan menjadi

$$CR = \frac{0,13 \times 4,217 \times 25,12}{7,94}$$

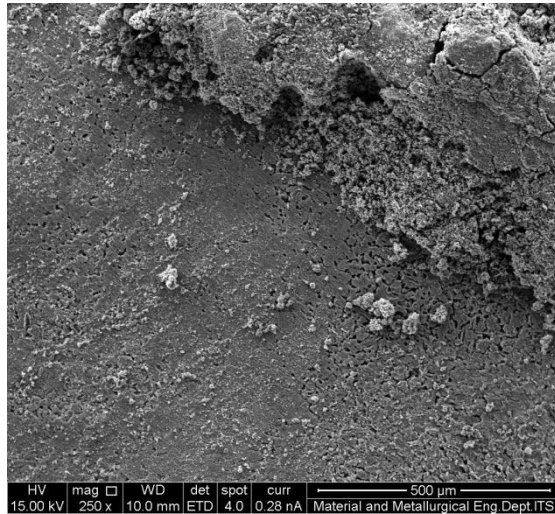
$$CR = 1,734 \text{ mpy}$$

LAMPIRAN E

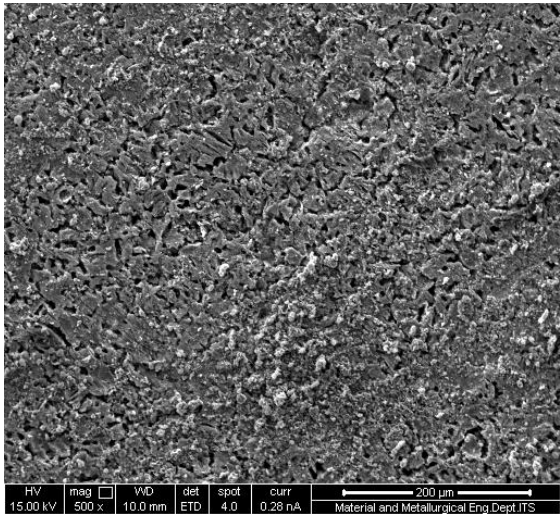
AISI 1045 perbesaran 250x



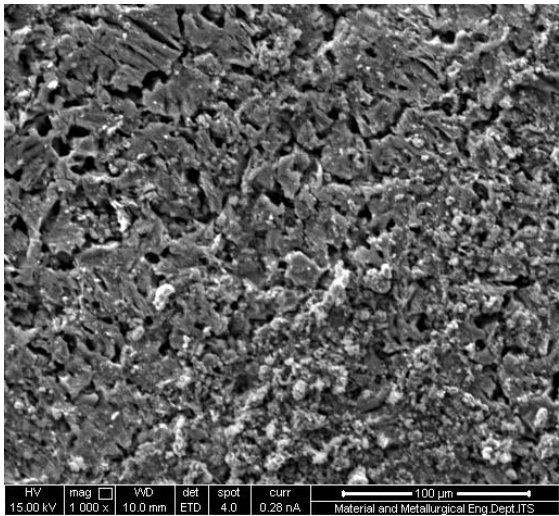
AISI 1045 perbesaran 250x



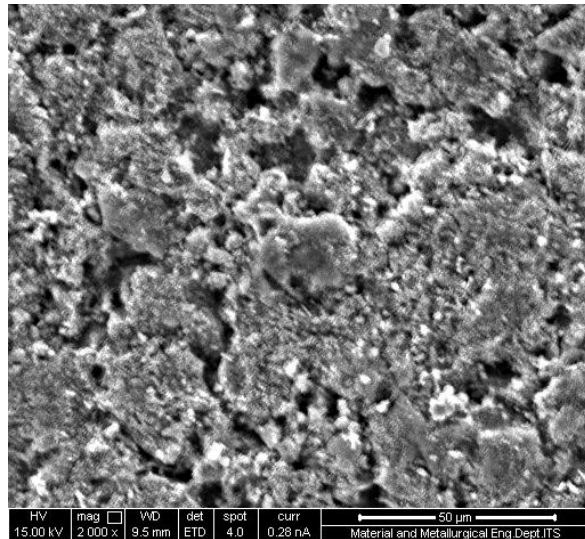
AISI 1045 perbesaran 500x



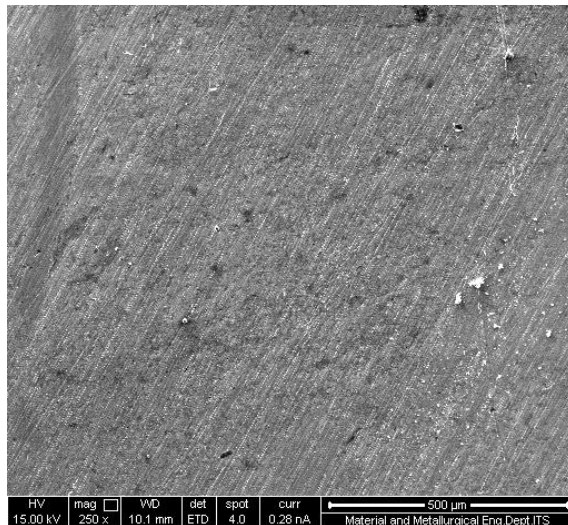
AISI 1045 perbesaran 1000x



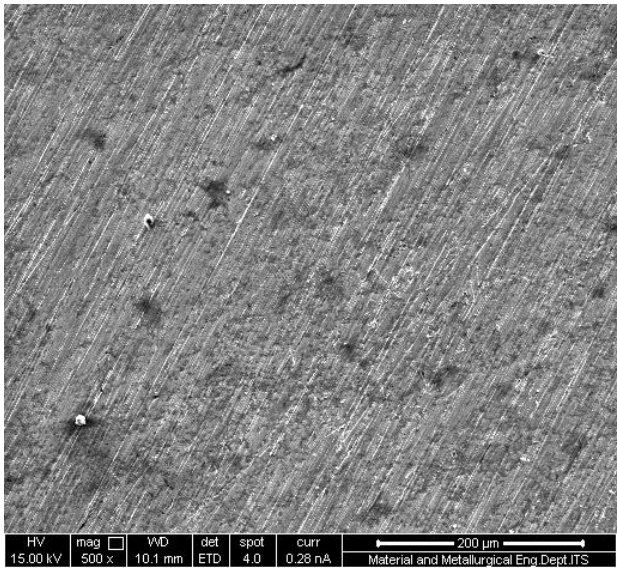
AISI 1045 perbesaran 2000x



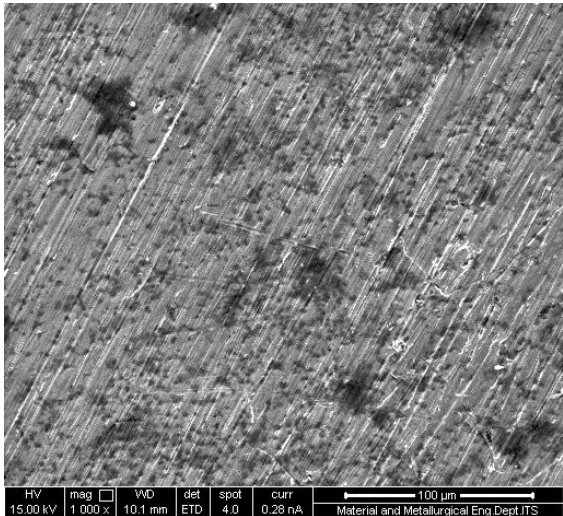
Stainless steel 304 perbesaran 250 x



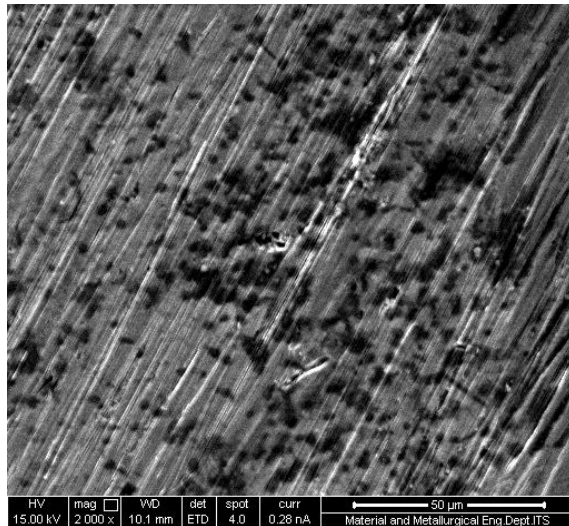
Stainless steel 304 perbesaran 500 x



Stainless steel 304 perbesaran 1000x



Stainless steel 304 perbesaran 250 x



(halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis ditujukan kepada :

1. Orang tua tercinta, Prastowo Widagdo dan Wiwiek Widayati yang selalu mendukung dengan doa dan perhatian. Terimakasih selalu memberikan kepercayaan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
2. Dua kakak tercinta, Lya Widhayunita dan Wega Widhatama yang sudah banyak direpotkan. Terimakasih atas dukungan dan perhatian yang selama ini diberikan. Sangat membantu dalam menyelesaikan tahap akhir ini.
3. Seseorang tersayang yang selama dua tahun ini menemani, Denis Firmansyah. Terimakasih atas bantuan, perhatian, dan motivasinya.
4. Keluarga Denis Firmansyah, yang sudah membantu doa dan memberi semangat.
5. Partner Tugas Akhir, IC Farid Hadi Prasetyo yang selalu high motivation, dan M. Nanang Muhsinin yang banyak mengeluh dan bergantung tapi banyak membantu juga.
6. Teman terdekat, Dian Hastarining Tyas, teman belanja, teman curhat, teman galau, dll.
7. Teman terdekat kedua Gita Primasari, makasih ya sudah banyak direpotin waktu mau sidang dan tiap nginep malem. Dan makasih dukungan dan doannya.
8. Terimakasih untuk Ni Kadek Supiyani buat doa dan masa senang-senang bersama. Untuk Fitri Nur Indah Sari, yang digodainterus, dan direpotin waktu mau seminar. Untuk Putri A.A., Kautsari A.K, Galuh I.P.S., Annisa F.W., Gisella Z., Erlina S.D.J., Endah P. K., Fannesa F., dan Widya Emilia P. atas momen-momen bersama selama 4 tahun. Dan telah berbagi banyak hal. Terimakasih buat dukungan dan perhatiannya.
9. Teman-teman MT 10 yang memberikan kesan tak terlupakan selama 4 tahun bersama. Selalu ada ngakak bersama.

10. Sahabat-sahabat SMP, Mega Ardelia, Irma Prihatiningtyas, dan Ekky Wona yang menyemangati selalu.
11. Sahabat-sahabat SMA, Afidha A.P, Kiki Amaliasari, Novindy Ega, Freischa Dianita, Angga Yustiawan yang menghibur dan menyemangati.
12. BUMN Angkasa Pura II yang memberikan beasiswa sehingga bisa mempunyai laptop sendiri dan membantu kuliah saya.
13. Mas-mbak MT 08, mas Hiro, Mas Hendra Adi yang memberi inspirasi di awal-awal pengerjaan tugas akhir. Mas mbak MT 09, Mas Ali P, mbak Pipit, dan lain-lain.
14. Adek-adek Gitarani MT 11 dan Vuri MT 11 yang banyak menghibur di saat galau. Dan adek-adek MT 11 lainnya, MT 12, MT 13 atas doa-doanya, terutama untuk Nurus Syahadah.
15. Dan pada banyak pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Hacı Widharesta. Merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Lahir di Surabaya pada 15 Desember 1989. Penulis menempuh pendidikan di SDN Kepuh Kiriman I Waru Sidoarjo, SMP Negeri 1 Surabaya, dan SMA Negeri 2 Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan jenjang perkuliahan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2008.

Semasa perkuliahan penulis terlibat dalam kegiatan organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS. Di tahun kedua, penulis menjadi staf Divisi Minat Bakat dan keprofesian. Dan di tahun ketiga, penulis menjadi Sekretaris Umum HMMT. Selain di HMMT, penulis juga terlibat dalam kegiatan kepanitiaan di lingkup kampus. Baik sebagai panitia maupun peserta pelatihan.

Pada tahun ketiga, penulis melaksanakan kegiatan Kerja Praktek di PT Gunawan Dianjaya Steel tbk Surabaya. Dan di tahun keempat, penulis merampungkan masa studi selama delapan semester dengan menuliskan Tugas Akhir berjudul “Pengaruh Air Hujan terhadap Karakteristik dan Laju Korosi pada Baja AISI 1045 dan *Stainless Steel* 304 di Lingkungan Sungai.”

Email : haci.widharesta@gmail.com